A History Of the Life Sciences

生命科学史

[美]洛伊斯·N·玛格纳 著

Lois N. Magner

李难 崔极谦 王水平 译 董纪龙 校

百花文艺出版社

BAIHUA LITERATURE AND ART PUBLISHING HOUSE

A History of the Life Sciences

生命科学史

展望未来，生物学家们既看到了人类幸福的前景，又看到了破坏性的巨大可能性。

——玛格纳

流血与死亡的规律，总是在设想着破坏性的新手段，而和平、工作和健康的规律，则总是在发展着把人类从围困着她的灾难中解救出来的新方法。

——巴斯德

ISBN 7-5306-3203-5

9 787530 632031 >

ISBN7-5306-3203-5

C·5 定价：35.00元

生命科学史

Lois N. Magner

[美]洛伊斯·N·玛格纳 著

李难 崔极谦 王水平 译

董纪龙 校

百花文艺出版社
BAIHUA LITERATURE AND ART PUBLISHING HOUSE

图书在版编目（CIP）数据

生命科学史 / (美) 玛格纳 (Magner,L.N.)著; 李难, 崔极谦, 王水平译. —天津: 百花文艺出版社, 2001

ISBN 7-5306-3203-5

Ⅰ. 生… Ⅱ. ①玛…②李…③崔…④王…
Ⅲ. 生命起源—研究 Ⅳ. Q10

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 064942 号

A History of the Life Sciences by Lois N.Magner
This Edition Arranged with Marcel Dekker,Inc.270Madison Avenue,New York,NY10016
All Rights Reserved

百花文艺出版社出版发行
地址：天津市和平区张自忠路189号
邮编：300020
e-mail:bhpubl@public.tpt.tj.cn
http://www.bhpubl.com.cn
发行部电话：(022)27312757 邮购部电话：(022)27116746
全国新华书店经销
河北省三河市宏达印刷有限公司印刷
※
开本 880×1230 毫米 1/32 印张 24 插页 2 字数 552 千字
2002 年 1 月第 1 版 2002 年 1 月第 1 次印刷
印数：1—4000 册 定价：35.00 元

July 20, 2001

Dear Li Nan,

Thank you so much for sending copies of Chinese Science #12 and #15. The article are very interesting and helpful.

All best regards,

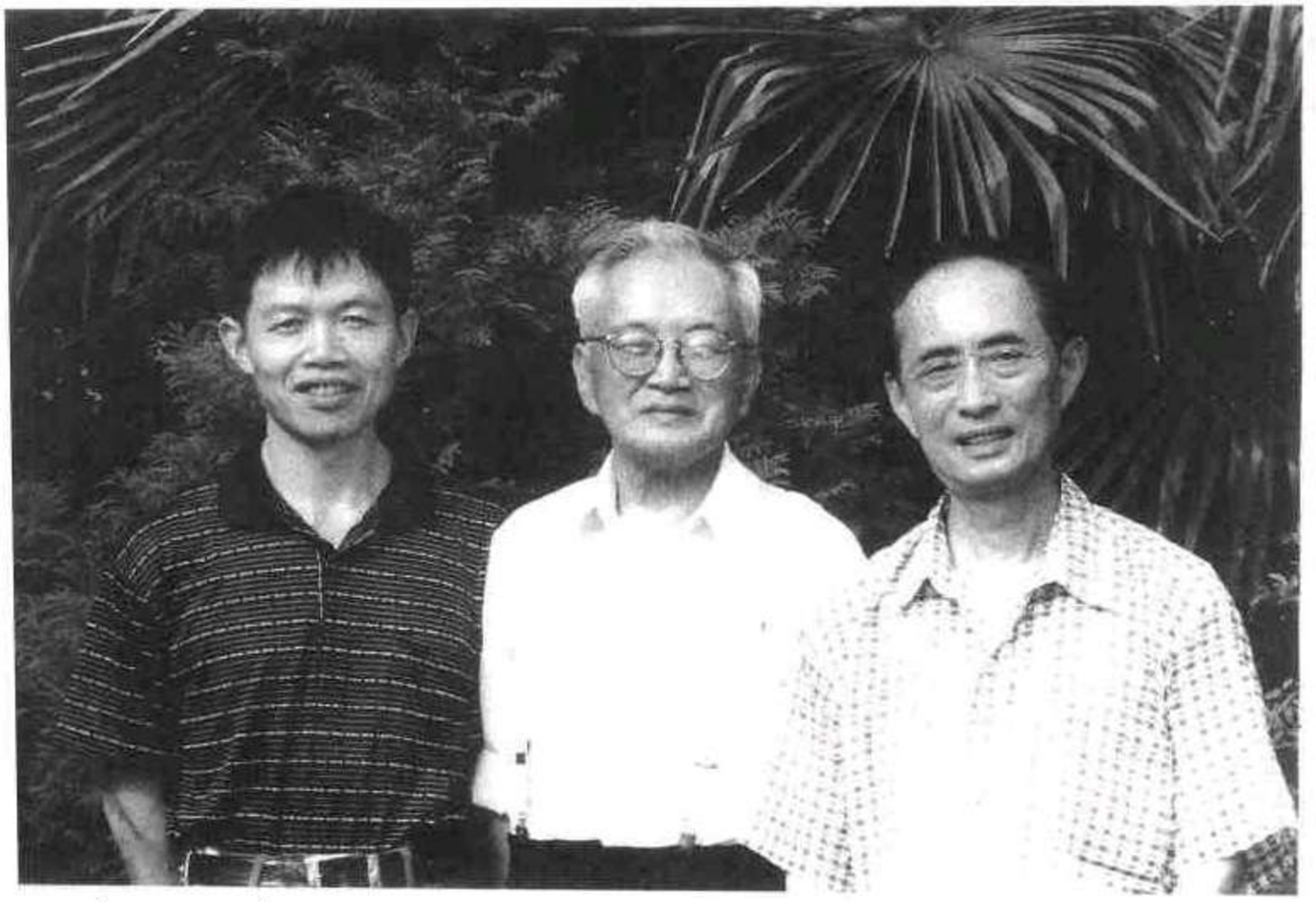
Lois

作者手迹　致译者李难的便函

作者简介：

洛伊斯N.玛格纳（Lois N.Magner），女，美国学者。美国普渡大学教授，毕业于Brooklyn学院化学系，获威斯康辛大学生理化学系博士。在普渡大学长期从事医学史、科学史的教学和研究。

主要著作有：《生命科学史》、《医学史》、《一本生物学文献参考书：为医师、护士、医学开业者所用》等。



译者：　　崔极谦　　董纪龙　　李 难

译者简介：

李难，上海大学教授。1937年生，江苏太仓人。1961年毕业于华东师范大学生物学系。专长：科学史、科学哲学和美术理论。历任上海大学科学哲学和科学史研究中心主任，中国科学技术史学会理事，全国高师生物进化论研究会副会长，国际东亚科学、技术、医学史学会会员。

主要著作有：主编《生物学史》、《生物进化论》、编著《进化论教程》、《行为的进化》等。

新版译序

《生命科学史》译书自1985年出版以来，受到了读者的欢迎，记得当时上海几大书店短期内销售一空，而且事隔十五年后的今日，仍常有人在打听有关再版本书的信息。该书初版时得到了同行学者和中国科学史学会领导的关心和支持，并被誉为“国内第一部有分量的生物学史译书”。尽管书稿的编校、印刷方面尚有待改进，但仍被评为首届全国科技史优秀图书二等奖。

令人意外的是，作为一本自然科学史书，在众多的读者中，居然有许多是大学文科学生和文学艺术工作者。这可能是他们对书本的引文和体例感到兴趣；也可能被书中浓厚的文化气息所吸引，正如读者吴雨在当年《文汇报》“读《生命科学史》有感”一文中所写的，这部著作以广阔的文化史为背景，它“涉及人类一般文明，如古希腊的自然哲学家和科学家、古罗马帝国的博物馆和图书馆、中世纪的学术贡献和宗教、文艺复兴时期的科学革命、欧洲早期大学的发展、科学社团的变迁，以及显微镜的发现、物理学和化学革命，等等。”它是“一本雅俗共赏、值得推荐的好书”。

本书的再版让我们衷心地感谢本书的原作者 Lois N. Magner 教授；感谢美国哈佛大学医学院赵景博士、Paradigm 遗传公司潘华勤博士以及李晓文先生；感谢中国社会科学院哲学研究所赵功民先生为本书责编提供的初版读本；并再次感谢原华中工学院出版社，感谢他们为读者得到初版译书而所做的种种努力。

李难

2001 年 3 月于上海

新版致中国读者

我非常高兴地得知，我的《生命科学史》中文版即将再次与中国读者见面。这本书是1985年由李难教授及其同事们翻译的，并由董纪龙教授校阅。自从这本书的原版1979年在美国问世后，生命科学的发展已经创造了许多全新的学科、技术和理论，也提出了一些发人深思的命题。基因的化学本质尽管在五十年代以前还是模糊不清的，但到了九十年代，分子生物学家们对于建立人类基因库的图谱已经充满信心。二十一世纪初，经过全球科学家们的努力，人类基因库的密码终于被全部解开了，新的学科，如基因组学 Genomics 和蛋白质组学 Proteomics 也相继建立。置身于这样一个新发现的层出不穷激动人心的年代，我希望这本书能给读者对生命科学史发展的连续性有一种更为深刻的认识，从而增强正确观察事物的能力。

在这本书的写作中，我试图努力论述生物学中的主题，它的理论和方法的演变，不同学科之间的联系，科学家研究生命现象的不同态度，以及科学与社会的相互影响。就生命科学发展而言，我主要是通过分类学，或是生物的器官、激

素、酶、新陈代谢途径的发现等内容加以阐述的，这些也都是研究者们共同关心和长期攻克的课题。作为教师，我相信这样的表述，对不同兴趣的学生都有帮助，不管他们未来事业的目标是什么，生命科学史的课程能给他们提供探索科学、历史、哲学、艺术的机会；作为作者，我也相信读者能通过生命科学史书的阅读，有利于他们洞悉科学和文学。我期望这本书能引起新一代中国读者的兴趣。

非常感谢李难教授和百花文艺出版社为《生命科学史》中文新版本出版所做的努力。

你们真诚的

Lois N. Magner

2001 年 5 月于美国佛罗里达

译　序

《生命科学史》一书，生动地描绘了生命科学起源和发展的过程。全书共十四章，分别介绍了生物学的起源、古希腊的科学与哲学、文艺复兴时期的科学革命，以及解剖学、胚胎学、细胞学、微生物学、动物及人体生理学、进化论、遗传学和分子生物学的产生和发展，对西方医学史的内容也有所反映。书中以极为丰富的材料论述了许多生物科学家创造性的劳动，对生物学发展的逻辑和社会历史背景等等重要问题也进行了探讨。综观全书，内容充实，编排醒目，语言也饶有风趣。作者洛伊斯·N. 玛格纳博士在生物和历史科学上有很高造诣，并多年从事大学生物学史和医学史的教学。本书正是作者在博览群书的基础上，结合自己的经验和体会所写成的。尽管书中尚有某些不足之处，但从总体上说，不失为一部有价值的生物学（包括部分医学）史书。正如《美国科学家》杂志所介绍的，它是“一部难得的、值得自然科学家和人文科学家们阅读的著作”。我们相信，译书的出版将会有助于我国生物学史的普及和研究，对高中和大专院校的学生，以及教师、干部和科学史、生物学、医学、哲学、历史等专业工作者都会

提供有益的启示。

本书是我们在自然辩证法（包括部分科学史内容）教学的基础上着手翻译的，它也是教、学和科研相结合的一项成果。翻译此书，原先仅供本系研究生的自然辩证法和科学史教学所需用；在实践过程中，深感许多内容十分可取，很有推广的必要。嗣后，又在教育部高教司领导、华中工学院朱九思院长的鼓励和推荐下，我们才决定予以正式出版。华中工学院在科学技术史研究方面是国内名列前茅的单位，受到该院领导的重视，对我们的工作是一个有力的鞭策。

参加本书翻译的，除我们三人外，还有第二章的译者季妙兴同志。

在翻译期间，承蒙洛伊斯·N. 玛格纳博士、上海社会科学院副院长冯契教授、上海华东师范大学生物系周本湘教授等专家、学者的指导和帮助。在此，谨表深切的谢忱。

科学史是一门充满生命力的科学，它对振兴中华，发展我国的科学技术以及高等院校的教学、科研都很有意义。列宁指出，“要继承黑格尔和马克思的事业，就应当辩证地研究人类思想、科学和技术的历史”。在我国，这一领域中尽管是做了许多工作，不过像生物学史这类专著和译书，目前仍是寥寥可数。为此，盼有更多的人能重视和支持这项工作，这也是我们翻译此书的一个目的。

本书涉及的知识领域和专业范围甚广，而我们的水平又相当有限，译文定有许多缺点和错误，敬希读者批评指正。

李难

1983 年春于华东师范大学生物学系

致中国读者

我极其愉快地获悉我的《生命科学史》一书已被译成中文。此书并未打算成为一本包罗万象的生命科学的历史，它只是对一门内容极其丰富、复杂而又充满活力的学科作简要的概括性介绍。我希望这本书能为中国读者了解西方生命科学的发展提供有用的入门指导。

乔治·萨顿 George Sarton 曾期望科学史作为“贯串整个文明史的主要线索，能为知识的综合提供思路，能成为科学和哲学之间的媒介，并能成为名符其实的教育的基本原理”。对科学史的研究，就像科学本身一样，既充满乐趣，又极为重要。我衷心感谢华东师范大学生物系李难先生及其同事们，感谢他们为克服研究科学史和科学哲学的语言上的困难而做出的巨大努力。对中国武汉华中工学院出版社印刷出版本书(中国版本)也表示谢意。

你们诚挚的

Lois N. Magner

1983 年 3 月 31 日于普渡大学历史系

序　言

过去，“科学革命”这一术语，主要使人想起物理科学领域内的那些进展。在谈到科学对人类的精神与物质世界所产生的威胁时，人们也仅仅把它们与物理科学相联系。但是，到了今天，我们却处在一场生命科学的革命之中。对这场革命，有些人觉得极为不安。比起物理科学来，生物科学比较缺乏历史的分析。生物科学既是一种最古老的科学，却又是一门最年轻的学科。这似乎是自相矛盾的。生物学上的许多问题虽然是一些引人关注的最古老的问题，但是，直到最近，才能对这些问题科学地作出正确回答。近年来，生命科学的进展是如此迅猛，以至在大多数科学家和学者看来，近到1953年前发生的事就好像是古代史了。

在本世纪之前，生物学家们对这些有关的基本科学原理真的全然无知吗？在缺乏解决这些问题所必需的工具时，他们也在尽力奋战吗？或者说，我们就如此地满足于新找到的答案，以致不能对过去作出正确的评价吗？这些都是普通生命科学史所必须回答的一些问题。

本书并不打算写成一本包罗万象或详尽无遗的生命科

学史，而只想作为一个庞大、复杂和迷人史话的引言。我的目的在于引起人们对生物学的一些主要论题的注意——各种理论和技术之间的连续性及冲突，各门学科之间的相互作用，各派科学家们在探讨生命现象时所采取的不同态度，并且探索由于这些因素而产生的理论之间的互相影响。为此，本书强调了那些似乎在历史上起了“关键的转折点”作用的主要问题、障碍和事件。因而，在各个特定时期内自然科学家们倾注了主要精力的一些问题，诸如分类学或发现某些特殊器官、腺体、分泌物、化合物、酶和新陈代谢途径等，似乎有可能或多或少地轻轻带过。生命科学的历史令人兴奋，并确实常常是惹人注目的。但是，这种取得成果和令人振奋的时间，对于充满枯燥、沉闷工作的长期岁月来说，只不过是短暂的间隙，这一点，任何一个科学家或创新者都是清楚的。这种起伏的形式既可用来刻画科学家或艺术家个人的事业，也可用来刻画科学的整个历史。作者认为，完整地说明细节是为了弄清科学的发展和作用，就像读电话簿是为了了解一个城市的生活一样。

在复杂的现代社会中，科学技术虽然占有相当重要的地位，但在科学教育中却存在着严重的不平衡。科学家和非科学家之间的鸿沟把学校的全部课程和社会文化分割了开来。科学家们虽然懂得他们自己所从事领域中的科学概念和方法，但对其它科学领域以及整个科学所产生的社会影响，却很可能都像门外汉那样无知。当社会基本上仍保持着科学上无知的状态时，它能有效地利用二十世纪科学技术的概念和发明吗？

当前，对待科学的态度正处于紧要的过渡阶段。在科学技术受到高度重视并得到巨款资助的景气时期后，已经产生了一股逆流。许多现代问题（如污染、人口泛滥、慢性病等）被

视为科学过度发展的结果。人们对科学领域的要求是：或者停止科学的进一步发展；或者把科学实践限制在能提供直接报偿的领域内，如防治癌症或对付玉米枯萎病等等。有些科学批评家集中谈所谓的由科学造成的心理损害；他们说，科学把机械得像时钟一样的世界作为现代人在理性上唯一可以接受的模式送给我们，但在这样的世界里，我们却要失去宗教与艺术的感受。人们常会发现，这种批评虽和上个世纪那种过时的机械论概念相对立，但和当代科学的突飞猛进则毫不相干。

研究科学史将有助于越过这一鸿沟。但这种机会却被历史学家和科学家们大大地忽视了。科学，作为人类的发明和思想方法，理应在人类的历史中占有显著的地位，由于在我们的文化中存在着上述的基本鸿沟，历史课程中一般都不谈这些。因此，理科学生们倾向性地认为历史课程是令人厌烦和无聊的，与他们自己毫无关系。这门课程只不过是战争、订约、毁约、国王、皇后、政治家，以及又重新开战的编年史。虽然科学家们用其成果从疾病的蹂躏中拯救出来的人数比所有的战争所消灭的人数还要多，但在一般历史书中却几乎没有或根本没有这些科学家的地位。

科学史还有其它方面的启示作用。一旦超过了小学的历史水平，我们就会知道，现存的历史并不总是历史上所发生过事件的客观实录，它往往只是一些幸存者们的故事。对科学的历史来说，就像历史的其它分支一样，情况也正是这样。这种失真并不完全是由于时间太久而造成的；只要进行一下严格的审查，在关系于科学纪实的近期的教科书里，这种失真也很明显。把实际上只能说是可疑的、残缺不全的记述，模棱两可的说法，以及暗示的假设等等姑且撇开不谈，科学的形象也被歪曲了，它好像是种静止的事物，具有从天堂

里某个伟大源泉那儿传下来的知识。说得更确切一点，我们应当把科学看作一种有生气的、能动的力量；它不仅包括了知识的本身，而且还包括了获得和运用更多知识的手段。

当代的科学，是全人类的一种巨大而富有成果的力量。它的范围是如此广泛，以致一般说来，没有一个人能恰当地理解它的全部内容以及它的发展对于人类社会总的含义。当代的科学家们，像医师一样，都倾向于成为专门人材。科学虽是能动的、不断变化的，但科学的某些目标与方法具有某种意义的永久性和思想上的连续性；这种永久性和连续性本身就值得研究。这里，研究科学发展的历史能使我们理解科学和科学家方法的基本原理。有一些"科学家"声称，一切有趣的问题都已经被解决了。但从更广阔的历史观点来看，令人信服的，似乎倒是相反的看法——那就是，科学是一个永无止境的新领域。

对 V. 弗利博士和 J. 帕拉斯康多拉博士的非常宝贵的指点和批评，在此谨表深切的谢意。

L. N. 玛格纳

A History of the Life Sciences

责任编辑：董令生
封面设计：张振洪

目　录

序　言……001

第一章　"浑沌初开"……001

一　起源和定义……001

二　生物学和古代文明……004

三　美索不达米亚和埃及的宇宙观……006

注释……007

参考文献……007

第二章　希腊人:自然哲学家和科学家……011

一　苏格拉底以前的哲学家……011

米利都的泰勒斯……014

阿那克西曼德……016

米利都的阿那克西米尼……017

克罗丰的色诺芬尼……019

爱菲斯的赫拉克利特……020

萨摩斯的毕达哥拉斯……022

克罗托内的阿尔克梅翁……022

西西里的阿格里琴托的恩培多克勒……024

克拉佐美尼的阿那克萨哥拉……030

二　原子论者:德谟克利特和留基伯……034

三　希腊的医学……039

四　苏格拉底、柏拉图和亚里士多德时代…… 040
苏格拉底……041
柏拉图 …… 042
亚旦士多德 …… 044
五　亚里士多德的后继者……051
德奥弗拉斯特……052
兰萨库斯的斯特拉图……055
六　希腊科学的衰落……058
注释……060
参考文献……062
第三章　古希腊的遗产……067
一　亚历山大时期……067
亚历山大的托勒密王朝……069
亚历山大的解剖学研究……072
希罗费罗斯……072
埃拉西斯特拉塔……074
亚历山大传统的衰落……078
二　罗马世界……080
卢克莱修……082
老普林尼……084
古希腊—罗马世界的植物学和医学……088
赛尔苏斯……089
珀加孟的盖仑……092
三　科学和文化的衰落……102
四　中世纪……107
技术……107
学术上的贡献……108
五　大学的发展……112

六　阿拉伯的科学……117
化学和炼金术……121
阿拉伯医学的黄金时代……122
阿拉伯的生物学……123
注释……124
参考文献……125
第四章　文艺复兴和科学革命……131
一　文艺复兴……131
印刷术和火药……133
艺术和解剖学……135
芬奇：文艺复兴时代的完人……136
文艺复兴时期的解剖学……139
二　维萨里：解剖学的革新者……141
人体的构造……149
三　文艺复兴时期科学的另一个侧面：炼金术……153
巴拉赛尔苏斯……155
新的疾病—新的药物……159
注释……161
参考文献……162
第五章　现代科学传统的基础……165
一　从维萨里到哈维：小循环和大循环……165
血液和生命……166
塞尔维特……169
克雷莫纳的哥伦布……173
塞扎尔比诺……175
阿块潘登特的法布里修斯……176
二　哈维……178
《心血运动论》……180

哈维以后的解剖学和生理学……186
三　另一条不同的道路:一个教训…… 188
桑克托留斯(桑塔雷欧)……188
注释……190
参考文献……191
第六章　科学及其变迁:科学社团…… 195
一　科学秩序的探索……195
二　"研究院"的沿革……196
弗兰西斯·培根……198
笛卡儿……202
意大利研究院的沿革……204
其他零星的科学研究院……206
三　英国的科学研究院……206
四　法兰西科学院……210
五　美国的科学社团……212
注释……215
参考文献……215
第七章　显微镜和小型新世界……219
一　显微镜学的起源……219
复合透镜系统……222
二　十七世纪的显微镜学……223
列文虎克……224
马尔比基……228
胡克……231
施旺麦丹……234
格鲁……238
三　显微镜学的技术问题……240
阿米西……241

浸没显微镜学……242
阿贝和蔡斯……243
相差显微镜学……244
光学显微镜的局限性……244
四　电子显微镜……246
注释……249
参考文献……249
第八章　历史上各代人的分歧：
关于发生·繁殖·发育问题……253
一　令人困惑的发生学问题……253
古代的胚胎学……255
预成论·渐成论·亚里士多德……256
盖仑……257
胚胎学和科学革命……258
二　哈维和关于动物的"发生"……261
三　预成论……264
卵源论者与精源论者……267
卵源论者的预成论……269
邦尼特……271
斯巴兰让尼……273
四　对预成论的挑战……278
沃尔弗……278
自然哲学或浪漫主义……283
贝尔……284
五　实验胚胎学……291
鲁……291
杜里舒……292
实验胚胎学的进展……295

斯佩曼……295
注释……297
参考文献……298
第九章　细胞学说……301
一　机体的构成单元……301
比夏和组织学说……302
二　细胞学说的起源……304
显微镜和细胞观察……304
细胞的发现和对它的认识……306
米尔贝尔……307
奥肯……308
歌德……308
普金叶……309
弥勒……310
三　细胞学说的正式确立……311
施莱登……311
施旺……313
四　对细胞理论的修正……319
威尔赫与细胞病理学……321
细胞学说的发展和提高……325
注释……328
参考文献……328
第十章　微生物学和生源说……331
一　微生物的研究……331
二　巴斯德……334
从晶体到酵素……336
关于自然发生论的历史……339
巴斯德和普谢的论战……344

延德尔……351
三　疾病的病菌说……354
历史的回顾……354
巴斯德和疾病的病菌说……358
炭疽病和鸡瘟疫苗……360
炭疽病和鸡……362
鸡霍乱和科学免疫学的开端……363
疫苗和炭疽病……363
对巴斯德的一些批评……365
狂犬病……366
四　科赫……369
对炭疽病的研究……370
外伤感染……374
现代细菌学的方法学……376
科赫和结核病……378
科赫准则……380
结核菌素的悲剧……380
五　微生物学的进展……381
免疫学:关于防御机制的细胞作用论
和体液作用论……381
梅契尼可夫……382
血清治疗……384
艾尔利希……386
苯胺染料的发现……389
艾尔利希"神奇的子弹"……390
弗莱明……391
多马克……391
病毒……392

注释……396
参考文献……398
第十一章　生理学……401
一　生理学与解剖学……403
机械论和活力论……403
桑克托留斯(桑塔雷欧)……404
笛卡儿……406
博雷利……412
格列森和应激性……417
斯坦诺……418
二　十八世纪的生理学……421
波尔哈夫……421
哈勒……422
拉美特利……426
体温调节……429
三　生命研究的化学方法……430
赫尔蒙特……430
西尔维斯……434
消化……435
燃素理论……436
比彻……436
斯塔尔……437
四　空气化学……440
黑尔斯……440
布莱克……441
卡文迪什……442
舍勒……443
普利斯特列……444

拉瓦锡……446
五　十九世纪的生理学……450
伯奇利厄斯……450
维勒……451
动物化学……453
李比希……454
马让迪……455
贝尔纳……456
肝脏的糖原生成作用和动物的合成能力 …… 461
内环境和外环境……462
注释……465
参考文献……467
第十二章　进化论……475
一　从"自然史"到"生物学"……475
二　分类和分类学……477
分类学的开始……477
约翰·雷……482
林耐……485
三　对进化论的推测……493
马耶……494
莫泊丢……496
布丰……498
拉马克……504
圣提雷尔……510
伊拉兹马斯·达尔文……511
居维叶男爵……514
钱伯斯……517
四　地质学……522

赫顿……523
史密斯……524
赖尔……525
五　达尔文……526
达尔文和进化理论……533
马尔萨斯:快乐的厄运预言家…… 534
自然选择……536
人类的由来及性的选择……539
达尔文和华莱士……544
华莱士……545
六　对达尔文主义的反应……547
赫胥黎……548
达尔文主义的影响……549
社会达尔文主义……550
注释……554
参考文献……557
第十三章　遗传学……565
一　崭新的科学——古老的问题……565
古老的信念和神话……566
二　遗传理论……571
达尔文的遗传理论……571
植物杂交……573
科尔罗伊德…… 574
格特纳…… 576
诺丁…… 577
三　孟德尔……578
豌豆的启示……581
孟德尔骗人没有……584

为什么孟德尔的工作被忽视了……585
历史的脚注……586
四　孟德尔遗传学:重新发现……587
德佛里斯……587
孟德尔定律的重新发现:
柯灵斯和丘谢玛克……590
柯灵斯……590
丘谢玛克……591
贝特森……593
孟德尔学派和生物统计学派……596
高尔顿……597
孟德尔学派和生物统计学派的妥协……599
五　细胞学:孟德尔主义的基础……600
魏斯曼和他的种质理论……601
注释……603
参考文献……604
第十四章　二十世纪的遗传学:
分子生物学和举世瞩目的噬菌体……609
一　遗传的物质基础……609
萨顿－博维里假设……610
连锁现象……611
摩尔根和果蝇……611
缪勒和突变理论……615
基因是什么……617
二　基因的化学性质……619
米谢尔……621
染色质和核素……624
莱文及其四核苷酸假说……625

查伽夫及四核苷酸假说的让位……626
三　作为遗传物质的 DNA…… 630
格里菲思……630
艾弗里……631
赫尔希和蔡斯实验……633
沃森和克里克的奇遇……635
沃森……636
克里克…… 638
四　基因的作用方式……645
中心法则……645
加罗德和先天性的代谢缺损……646
比德尔和塔特姆：一个基因一个酶…… 647
镰刀形红细胞贫血症——一种分子病……649
五　沃森—克里克以后的时期……650
反向转录酶……652
人工基因合成……654
注释……655
参考文献……657

内容索引(汉英对照)…… 663
内容索引(英汉对照)…… 684
人名索引(汉英对照)…… 704
人名索引(英汉对照)…… 721

插图目录

图 2—1　古代世界地图……12
图 2—2　说明四种元素和四种体液关系的图解……27
图 3—1　表示盖仑关于血液和灵气分布理论的略图……99

图 4—1　维萨里的木刻像……143
图 4—2　维萨里著作中的插图(1) ……148
图 4—3　维萨里著作中的插图(2) ……150
图 4—4　维萨里著作中的插图(3) ……156
图 5—1　塞尔维特……170
图 5—2　静脉瓣膜……185
图 5—3　根据哈维的著作来说明血液循环的图解……187
图 5—4　桑塔雷欧的称量椅……189
图 6—1　波义耳的第一个气泵……208
图 7—1　列文虎克用他的一台显微镜
在研究微小的新世界……226
图 7—2　《显微图谱》(1665)
一书中关于霉菌的图解(1) ……232
图 7—3　《显微图谱》(1665)
一书中关于霉菌的图解(2) ……233
图 8—1　哈维的《论动物的生殖》一书的卷首插图……262
图 8—2　精子草图……268
图 8—3　哈勒的画像……270
图 8—4　斯巴兰让尼……273
图 8—5　格拉夫论文中关于牛和羊卵巢的插图……286
图 8—6　贝尔……289
图 9—1　威尔赫细胞病理学的创立者……322
图 10—1　雷迪……341
图 10—2　手握着曲颈烧瓶的巴斯德 ……346
图 10—3　普谢……349
图 10—4　廷德尔的培养箱 ……352
图 10—5　科赫……371
图 10—6　科赫的实验室……377

图 10—7　梅契尼可夫……383
图 10—8　贝林……385
图 10—9　化学治疗的创始人艾尔利希同
　　他的助手秦佐八郎……387
图 11—1　笛卡儿的心脏图……409
图 11—2　拉瓦锡与夫人和其他助手们正在
　　研究人类的呼吸……448
图 11—3　贝尔纳……457
图 11—4　坎农……464
图 12—1　女妖……478
图 12—2　独角兽……479
图 12—3　龙……480
图 12—4　九头蛇
图 12—5　穿着拉普人服装的林耐……486
图 12—6　林耐……487
图 12—7　布丰……498
图 12—8　“贝格尔号”环球航行的路线……529
图 13—1　孟德尔表示 3 与 1 之比的杂交试验图解……583
图 14—1　查伽夫……627
图 14—2　在 DNA 双螺旋中
　　出现的碱基对互补图 ……642 – 643

第一章 “浑沌初开”

一 起源和定义

生物学，就像所有其它的科学一样，其根源可追溯到人类第一个文明社会以前很久的远古时代。在那时，神话、迷信、宗教、手工技术以及还不知有目的地进行实验和形成理论的经验主义等等，都是一些与自然打交道的方法。当知识中神秘莫测的部分与经验的部分慢慢地分离开来时，我们现在所理解的那种意义的科学也就开始逐渐演化。

简单地说，生物学可以被定义为关于生命物体的科学。对人类生存最为重要的知识，如医术、农业、畜牧业等，都在生物学的研究范围之内。原始人在这些方面的进展可能是人类努力的最初成果，但却很少留下遗迹。陶器和武器、玻璃和冶金术所留下的记录比诸当时人类对于自然循环的某一新的理解更易传诸后世。但是，对于人类的生存和发展来说，最

终依赖的还是这种生物学的知识。因此，生物学既是一门最古老的，也是一门最年轻的科学。“生物学”biology 这个词本身，直到十九世纪初才被创造出来，并从“自然哲学家”natural philosopher 的老框框里分开出来。今天，生物学包含着最引人入胜的科学领域——遗传学、分子生物学、发育和分化、细胞学、进化以及生态学。

人们常把开创“科学”的功绩归之于古希腊人。但是，在某种意义上，原始人也是对其周围环境抱有浓厚兴趣并具有洞察力的自然主义者。人类学家利瓦伊—斯特劳斯[1]C. Levi – Strauss 发现：被我们称之为原始人的人对他们周围的事物都能进行某种相当细致的分类与顺序安排，例如按生和熟、湿与干进行分类等等。对原始人来说能否区
2 分菠菜与毒漆树植物肯定是重要的。然而这种可以食用和不可食用的区分，看来简单却也需要一定程度的阅历和很多的试验。原始人也从经验中懂得，一系列的制备程序能使事物从一个类别转化为另一类别。例如木薯既可做成食物，也可制成毒品。

就研究有生命的事物这一基本意义来讲，大约在四万年前当最初的“野人”或“赤身露体的类人猿”向“具有社会心理的人”过渡时，生物学就开始了。在人类进化的过程中，这个阶段是以火的发明、言语和抽象思维的形成，以及宗教和巫术的产生为标志的。在这一阶段，人类一定已意识到他们自己的特殊性，并开始运用新的手段着手处理与人类生存有关的某些问题，如死亡与疾病、饥饿与不适等等。在这一过渡时期以后，人类的文化进化超过了他的生物进化；前者为人类所特有，后者为人类与其它的有机生物所共有。大约一万年前，发生了另一种巨大的变迁。随着农业的产生，在驯育动植物的过程中，人类自己也定居了下来，并且在与控制其新事

业的自然力的周旋中，形成了一种生活方式与思想模式，并受这种生活方式与思想模式的制约。

对人体和动物的解剖是生物学知识的最早组成部分之一。早期人类对死者的恐惧和尊敬使他们精心地安排死亡仪式，其中包括尸体的处理等等。有时某些器官，如脑，可能被取出来吃掉，身体部分可能被焚毁，或涂上防腐药料。那时肯定还有保存整个尸体或只保存骨骼或头颅的种种尝试；甚至还可能有更为铺张的一葬、二葬等礼仪。埋葬的习俗，除了表明想要安抚死者的灵魂、使它不致于回来就像有时在梦中见到的那样加害于活人以外，还可能有对死者表示同情与尊敬的意思；远古时期用鲜花伴葬，便是如此。

如果没有包括使用巫术和理性的方法来避免死亡的企图的话，死亡本来不需用礼仪来予以承认的。原始人做的那些外科手术，甚至像开颅术那种戏剧性的手术，原是有可能提供有关人体解剖学和人体致命部位的知识的。在临终护理期间，对死亡的预料也许收集了其它生理学方面的知识，诸如有关呼吸和心跳对生命的意义等等。

关于动物解剖和行为的知识，对牧民和猎人至关重要。随着动物的迁移而迁居的牧民对此懂得很多，而动物的驯养使牧民能更为确切地研究它们的特征及行为，最终导致他们去挑选和饲养最好的牧群。这样的纯属实用的关于动物的知识，除了对打猎、放牧、屠宰、烹调有用外，对祭司、占卜者和巫师也是有用的。动物能成为部落的图腾，动物的器官或行为能被视作某种预兆。既然占卜和预言都有赖于某种动物的构造和行为，它们的动作、形状或颜色的任何特殊之处就都能决定部落的命运。对占卜者来讲，就像对现代内科医生一样，必须先掌握正常状态下的知识，然后再掌握病理状态下的知识。

在受巫术信仰支配的社会中，许多生物学知识成了祭司、巫士和术士特权阶层的职业秘密。祭司对这些生物学知识，以及常常还有对天文学知识的垄断这种情况，对真正的科学发展当然是非常有害的。认为世界是由变幻莫测的，只有通过祭司的礼仪才能抚慰的精灵所支配的观点，不利于理性地对自然进行探讨。要自由地探究自然，必须把宗教的和非宗教的知识加以区分。

二　生物学和古代文明

科学的发明一般归功于生活在公元前六世纪的希腊自然哲学家们。这并不说明其他地区在此以前缺乏文化方面的成就，而只是反映了我们自己对以前文化的无知和偏见。伟大的文明早在五千年前就沿着尼罗河、底格里斯河—幼发拉底河和印度河流域发展起来了。这些伟大的文明在技术的进步、复杂的社会组织和文字记载等等方面虽然取得了不少成就，但这些文化的遗迹只有极小一部分被记录和保存了下来，毫无疑问由于资料不足我们极大地曲解了他们真正的成就。

强调了从希腊文化中所取得的西方传统遗产，却导致对更早的文明和其它传统的忽视。对中国和印度的早期文化，除了被注意到的某些奇异的药品、印刷术和火箭的发明外，其它大都被忽视。在药理学和营养品方面的许多重要发现可以被列为中国对生物学史的贡献的一部分；但是，只挑选已为西方接受的几项视为成就，这样来对待存在了几千年之久的复杂文化显然是不恰当的。要懂得中国和印度的生物学和医学，确实需要和传统的中国、印度文明相联系的全面而透

澈的科学知识，这样的探索只是近来在李约瑟 J. Needham 的工作的激励下才有所尝试[2]。这项工作虽然很有趣味，遗憾的是，这些研究已大大超越了本书的范围。

农业是“应用”生物学的最早形式之一，也许还是首次人口激增的原因[3]。考古学的现代方法已使我们能够描述农业开始的时间和地点，人类最早的栽培植物和驯养动物的性状，以及这些发展对后来各个文化进化阶段所起的作用。与栽培作物相关的定居区似乎首先出现在现在称之为“肥沃的新月形”的地区，这地区包括底格里斯河和幼发拉底河流域，其次是从新墨西哥到危地马拉和厄瓜多尔一带。在东半球粮食作物先是小麦和大麦，后来有了豌豆、小扁豆和亚麻；在西半球主要粮食作物是大豆、南瓜和玉米。公元前七千年的村落已被挖掘出来了，但可能还有比它们早二千年就曾出现过的集居点。

定居以后的农业生产促进了木制和石制农业工具的发展，如锄头、镰刀、磨石以及陶制和木制的贮藏器。非常重要的是，在这些河流流域内的农业，由于洪水每年都淤积一层新的肥土，从而避免了那些较为原始的农业习惯造成的土壤肥力的很快耗竭。新的农业生产引起了人口膨胀和迁徙，并造成了公社从村庄发展到城镇以至都市。人类发展史中这一早期阶段的技术传播，显然不是单靠信息的传递而实现的，而是历次大规模人口迁徙带来的结果。因此，随着人们的迁徙，互相交流思想，定居新的地区，从而导致了人类文化演化的第一步。这些，往往需要有数千年的历程。

在大河流域，洪水泛滥和退却的周期往往决定了当地的生产状况，它和人们生死攸关。复杂的活动必须由集中的机构来计划、指导和管理。指导中央政府的祭司们控制着受支配的居民认识自然的方法。关于把浑沌分成干燥的陆地和水

以及生物从泥浆里发生的古代神话，实质上是原始文明的生动史话。这些神话对权威的中央政府处理世俗的农业问题是有用的——如沼泽地排水、土地的勘测、灌溉、控制洪水和为歉收年贮藏食物以及通过占卜和抚慰危险神灵以解释反复无常的自然现象等等。

三　美索不达米亚和埃及的宇宙观

美索不达米亚人和埃及人对宇宙的结构有着相似的看法。美索不达米亚人的宇宙观认为，水是重要的。居民们从他们在流域中常遭到不可预知的洪水之患的经历中，很自然地产生这种看法。早期美索不达米亚的神话把"地"和"天"描述为两个由水所支撑的平扁圆盘。不久，"天"又被描述为坐落在围绕"地"周围海洋中的半球形拱托物，甚至在天穹之上也有水。人们认为天体就是神祇们，他们居住在水的那一边，每天从居住地出来，按特定的路线走过。既然神祇们控制了尘间的凡事，人们就对天体的运动仔细地加以研究以揭示神祇们究竟准备对人类做些什么。

在埃及，世界基本上被看作是一个长方形的盒子。"地"是盒子的底，并且多少有点凹陷。"地"上方的"天"则由坐落在地的四个角上的四个山顶支撑着，而尼罗河则是绕着地而流动的宇宙河的支流。这条宇宙河载着太阳神之船穿过天空。季节的变化就是由于船所经过的路线不同而造成的。太阳神之船在尼罗河泛滥期间，比在冬天更靠近"大地"。

宇宙神话解释了世界是如何从原始的浑沌状态中产生出来的。在浑沌时期，男女神祇们的结合带来了天、地、空气、自然力和各位神祇所化身的东西。正如流域文明的先驱者们从水中收回了土地一样，神祇们也是从最初的浑沌中组成了

宇宙，把土地从水中分离出来。埃及和美索不达米亚的文明在政治组织、科学兴趣和宗教方面都反映了在这两条大河模式上的区别。尼罗河的洪水是可以预测并加以利用的，埃及的王朝年长岁久、稳固而自满自足。底格里斯河和幼发拉底河的洪水是不可预测的、可怕的，美索不达米亚政府也处在经常变动之中，而其未来更是难以预测。占星术和占卜术成了工具和武器，美索不达米亚人就用此来与神祇们和混乱的自然力进行斗争。

这些地区即使在其青铜时代有着极大的成就，但是当这些青铜文化的边缘地区正在进行某些重大革新时，这些地区本身却基本上仍处于静止状态。铁的冶炼和简单手写字母的运用开始了一场新的文化革命。在公元前 2000 年的某个时候，亚美尼亚山区里的一个游牧民族部落发展了一种熔化铁的有效方法。在大约公元前 1100 年之后，这种本来很保密的方法变得比较广为所知了。铁被用来造武器、打农具，使开发北方比较坚硬的土地有了可能。这使得像希腊部落这样的野蛮人能用铁器征服丰富多彩的青铜文化。

注释：

1. See C. Levi - Strauss(1973). *From Honey to Ashes. Introduction to a Science of Mythology*. Vol. 1. Translated by J. Weightman and D. Weightman. New York: Harper and Row.
2. See J. Needham(1954 - 1976). *Science and Civilization in China*. 5 Vol. Cambridge, Mass. : Cambridge University Press.
3. See M. N. Cohen(1977). *The Food Crisis in Prehistory: Overpopulation and the Origins of Agriculture*. New Haven: Yale University Press.

参考文献：

Adams, R. M. (1960). The Origin of Cities. *Sci. Am. 203*: 153 - 168.

Braidwood, R. J. (1960). The Agricultural Revolution. *Sci. Am.* 203: 131 – 148.

Breasted, J. H. (1934). *The Dawn of Conscience*. New York: Scribners.

Buettner – Janusch, J. (1966). *Origins of Man: Physical Anthropology*. New York: Wiley.

Campbell, B. (1966). *Human Evolution*. Chicago, Illinois: Aldine.

Ceram, C. W. (1967). *Gods, Graves and Scholars. The Story of Archaeology*. New York: Knopf.

Childe. V. G. (1934). *New Light on the Most Ancient East*. New York: Evergreen.

Childe. V. G. (1951). *Man Makes Himself*. New York: New American Library.

Clark, G. and Piggott, S. (1965). *Prehistoric Societies*. New York: Knopf.

Cohen, M. N. (1977). *The Food Crisis in Prehistory: Overpopulation and the Origins of Agriculture*. New Haven: Yale University Press

Darby, W. J., and Grivetti L. (1977). *Food: The Gift of Osiris*. New York: Academic.

Dubos, R. (1968). *So Human an Animal*. New York: Scribner.

Graziosi, P. (1960). *Paleolithic Art*. New York: Mc Graw – Hill.

Hawkes, J. (1973). *The First Great Civilizations, Life in Mesopotamia, the Indus Valley, and Egypt*. New York: Knopf.

Hawkes, J. (1976). *The Atlas of Early Man*. New York: St. Martin.

Klein, R. G. (1969). *Man and Culture in the Late Pleistocene: A Case Study*. San Francisco: Chandler.

Kramer, S. N. (1959). *History Begins at Sumer*. Garden City, N. Y : Doubleday Anchor.

Leakey, L. S. B. (1960). *Adam's Ancestors, The Evolution of Man and His Culture* 4th Ed. New York: Harper and Row.

Levi – Strauss, C. (1973). *From Honey to Ashes. Introduction to a Science of Mythology*. Vol. 1. Trans. by J. Weightman and D. Weightman. New York: Harper and Row.

Ley, W. (1968). *Dawn of Zoology*. Englewood Cliffs. N. J. : Prentice – Hall.

Muller, H. J. (1952). *The Uses of the Past. Profiles of Former Societies*. New York: Mentor.

Nakayama. S., and Siven, N., eds. (1973). *Chinese Science: Explorations of an Ancient Tradition*. Cambridge, Mass. : MIT Press.

Needham, J. (1954 – 1976) . *Science and Civilization in China*. 5 Vol. Cambridge,

Mass. : Cambridge University Press.

Piggott. S., ed. (1961). *The Dawn of Civilization*. New York: Mc Graw – Hil..

Starr, C. G. (1973). *Early Man: Prehistory and the Civilizations of the Ancient Near East*. New York: Oxford

Tannahill, R. (1973). *Food in History*. New York: Stein and Day.

Washburn, S. L., ed (1961). *Social Life of Early Man*. Chicago: Aldine.

Wilson. J. A. (1959). *The Culture of Egypt*. Chicago: University of Chicago Press.

第二章
希腊人:自然哲学家和科学家

一　苏格拉底以前的哲学家

最早期的文明虽然能够在农业、技术、医学及天文学各方面取得巨大成就，但是在生活的方式和生活的目的方面，宗教迷信的观念仍然占着统治地位，所以强烈的不受宗教影响束缚的自由探索传统并没有得到发展。创造和革新的劲头消失了。然而，附近一些较不开化的部落，利用铁器时代所创造的有利条件，入侵这些富饶的河谷居留地区。

古希腊是由许多混杂的部落所组成。公元前 2000 年前后，希腊人侵占了地中海东部，并在那儿定居下来。他们组成的单位逐渐形成了许多城邦，这些城邦与开化较早的已陷于祭司集团和政府领导阶层联合中的体制相比，非常不同。和以往较高的文化不同，诸邦不单是仅仅环绕着农业而组织起来的，他们的商业和航海业也占重要位置。与可耕地相比，希

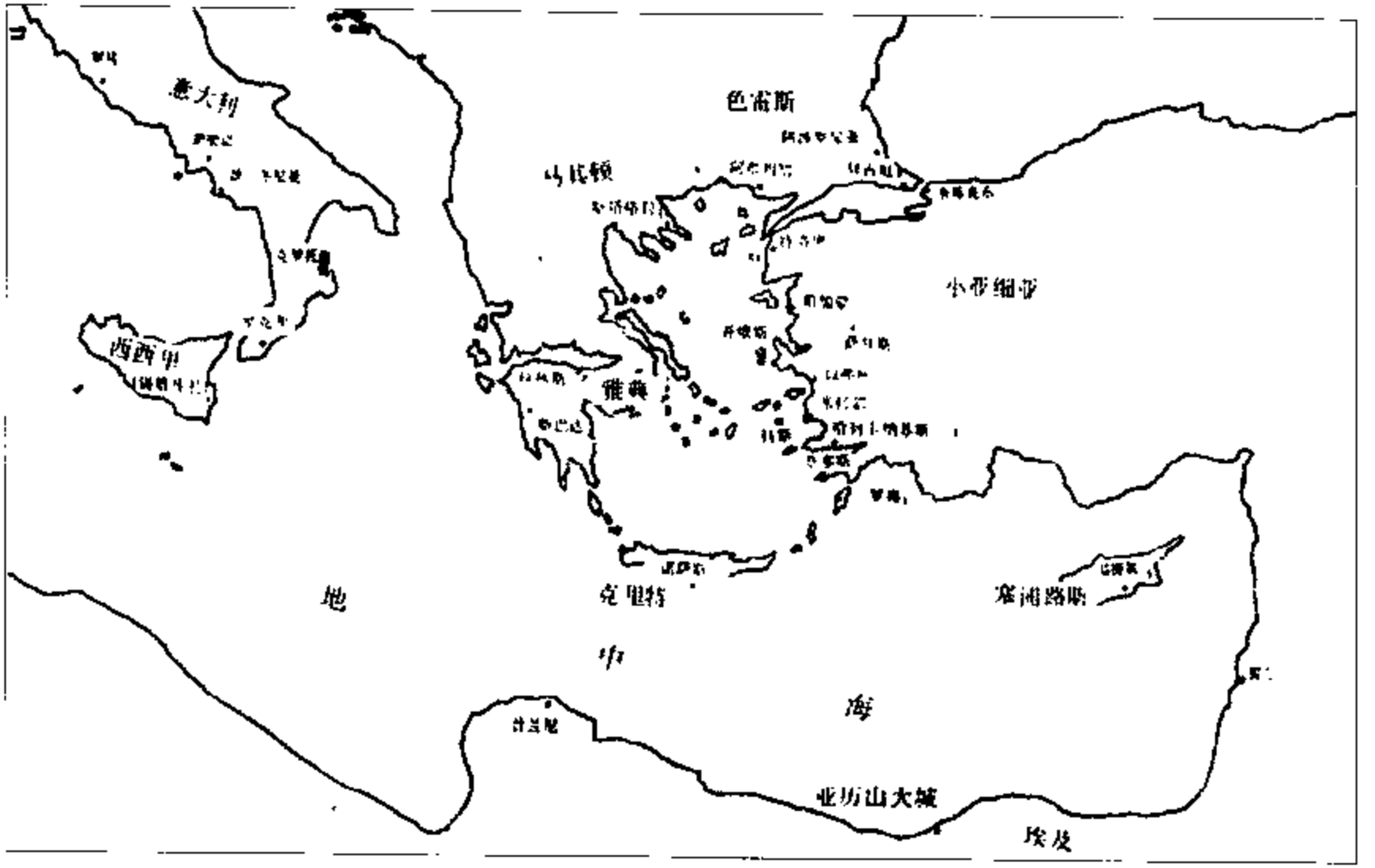


图 2－1　古代世界地图

腊人口已经相对过剩，这个因素也刺激了殖民地的开发和工业的发展。

希腊最早的“科学家”就是公元前五六世纪的自然哲学家。他们对自然界感兴趣，并且喜欢琢磨事物是怎样产生的？为什么世界以及生活在世界上的各种生物会以它们以前的形式产生出来？最初的自然哲学家认为：人类是自然界的一个部分，也是自然界发展的产物，人类依靠独特的思维能力，才从其它动物中分化出来。人类的思维能力是社会进化的产物。科学则被认为是人类认识和控制他所生存的环境的尝试所不可缺少的组成部分。

自然科学发源地并不是在苏格拉底 Socrates、柏拉图 Plato 和亚里士多德 Aristotle 所在的雅典，而是在小亚细亚大陆的爱琴海沿岸——爱奥尼亚的地方。在那里，政治的权力是在重视商业的贵族的手中，他们的主要兴趣在于尽快发展新技术，从而促进建立在商业贸易基础上的经济繁荣。自然哲学家的第一个诞生地米利都，是靠近黑海许多殖民地的母城。它的商业贸易的范围遍及地中海，同时还与古老文明的美索不达米亚和埃及交往。

最初的哲学家似乎是些很有政治意识的活动分子，对于商业、航海、政治活动都很有兴趣。他们思索事物本质的方法是很新奇的。对于宇宙的活动，他们是用日常生活的经验加以说明，用工艺技巧的过程来进行类比，而不是用宗教的教条和迷信来解释的。考虑到当时进行学习的机会很有限，应该说他们的成绩是很显著的。当时的学者们普遍地受到高度的尊重，这点可以从各个城邦请他们去制定法典，担任管理者，或做官家子弟的家庭教师这样的事实中看出来。在另一方面，如果处于政治上动荡的年代，学者们便很可能受到政治上的敌对集团的迫害。因而，当自然哲学家，比起更早期文

化时代的知识分子——祭司们——有了更多的进行自由探索的可能性的时候，他们却缺少像祭司那样作为神祇们的代理人所受到的保护。[1]

爱奥尼亚的哲学家们专心致志地去寻求世界上事物的规律性。他们相信，世界的明显的变化之中含有客观存在的规律。他们推想，一定存在着一系列的原因和结果，这些原因和结果一定是所有事物表面的普通的基本表现产生的。这就是说，必定有一种作为一切事物起源的共同因素。对于不同的研究者尽管有着不同的答案，但是他们所寻求的基本问题却是一样的：世界的本原是什么？它又是如何形成世间万物的？事物是如何达到现在它在世界上各自所占有的地位的？

米利都的泰勒斯 Thales of Miletus 约公元前 640－546

泰勒斯是希腊第一个自然哲学家，他的鼎盛年代大概和释迦牟尼 Buddha、孔子 Confucius、琐罗亚斯德 Zoroaster 和希波克拉底 Hippocrates 等人同时期。显然他是一个商人、政治家、工程师、数学家和天文学家，一个酷爱知识的人。然而，尽管他有这些荣誉，却没有留下任何一本遗著。米利都的希腊语言虽然在大约公元前 800 年就已经采用了腓尼基人的字母，但他却可能是缺乏语言方面的知识。显然，他是用他那个时代的方式来进行学习的，即通过游历比较古老的文明地区来增长知识。他曾经游历过埃及，可能是去经商，从那里带回了几何学知识，并把这些知识投入到新的实际应用中去。他利用相似三角形的原理，设计出一种测定海上舰船间距离的新方法。在美索不达米亚旅行时，他研究了腓尼基人的天文学。据说他曾利用巴比伦的天文学文献，预言过公元前 585 年的日蚀。这样，他把以前人们所认为的神秘而可怕的现象变成了一种人们可以预测的自然界的事情。

根据亚里士多德讲的故事，泰勒斯高兴的话，是有能力

把自己对自然的研究付之于实际应用的。泰勒斯的朋友们因为他的贫困而指责他，对他说，哲学是一点用处也没有的。但是这位哲学家通过对天体的观察，预见到第二年将会出现橄榄作物的大丰收。于是在冬天，他筹集了一些钱，非常便宜地租下了米利都和开俄斯 Chios 两地所有的榨油机。到了橄榄丰收的季节，这种榨油机的需要量很大。在这时，泰勒斯以非常有利的条件把所有的榨油机租给用户，赚了很大一笔钱。泰勒斯证明："对于哲学家来讲，要赚钱是很容易的。但是，他们的兴趣并不在发财这方面。"[2]

泰勒斯可能接受了更古老的文明中那些创世神话的影响，他改造了这种观念，使之成为或多或少前后一贯的完全自然的世界观。这种世界观不必求援于超自然的力量就能够解释当时已经知道的大多数现象，这是非常杰出的。像古代的创世神话一样，泰勒斯的"宇宙论"认为，水是宇宙的本源，世界万物都起源于水。他认为地球是漂浮在水上的圆盘，而天空则是由稀薄的水气形成的盖子。经验告诉人们，这种解释是有道理的。陆地上有河，大陆周围是海洋，并把地下水提供给人们，天上则通过下雨降下大量的水。

除了水这种主要的物质实体以外，泰勒斯的宇宙论还有所谓两个过程或者称为两种力，这就是凝聚和扩张。通过加热，水不断地膨胀变为空气。水也能不断地凝缩合为一体变为泥土。任何人只要观察到水壶里的情况：水由于沸腾而消失，他就能理解这种解释。日常生活经验也能证实这种观念。

尽管泰勒斯在事业方面取得了成功，但他却是一个典型的对日常生活漫不经心的学者。柏拉图曾经叙述过这样一件事，说泰勒斯在仰视着天空观察星象的时候跌进了井里，因而被人嘲笑。他是如此"热衷于了解天体现象的秘密，以致于连在他后边和紧靠着他脚边的东西都没有注意到"。[3]

阿那克西曼德 Anaximander　公元前611－前547

阿那克西曼德好像当过泰勒斯的学生，还可能是泰勒斯的侄子。他的宇宙论更复杂了。他认为作为宇宙基础的原始物质，并不具有它所形成的各种东西的那些独特的性质。这种"宇宙的本原"甚至也不可能是水。根据埃及人和巴比伦人的理论，组成世界的基本元素是水、土和气。作为适应于铁器时代的哲学家，阿那克西曼德尊重他的那个文化中的工艺技术，因此他就增加了第四个元素，即火。

为了使这个原初物质不致于成为四种元素中的任何一
12 种，或者成为其余三个元素中的一部分，阿那克西曼德假设有某种不确定的原初物质，或叫做"无限"aperion。当受到冷与热的作用时，这种原始的材料就形成了组成世界的四种元素。阿那克西曼德还提出了一种关于宇宙如何从原始混沌中产生出来的动态的、但却是自然主义的解释。像泰勒斯一样，这种解释也包括某种不确定的原始的力，这种力导致漩涡的形成。急剧旋转着的漩涡导致元素按照密度大小的不同而分层。因为土是最重的元素，它就趋向于留在宇宙的中心成为大地。水盖住大地，它的外面包裹着一层雾气。火是最轻的元素，在宇宙的外部有它特有的自然位置。是漩涡的活动形成了世界和各种事物，这种运动导致了形成世间万物，并把它们组织起来。

在分层的过程中，火对水的作用产生了干燥的陆地，同时另外产生了水气。不断增加的压力，打破了各种元素正常的排列壳层，产生了由气雾所形成的管子所封闭的火轮。根据他的理论，我们所看见的天体实际上是雾管中的洞，通过这些雾管，我们能看到宇宙外部的火，因为管子的大小不同，所以我们看到的太阳比月亮大，月亮又比星星大。

阿那克西曼德的理论甚至能解释生物的发展。随着太阳

使土地变暖，土地发着泡沫，并进而产生出各种动物来。第一种生物是鱼，它是在水占统治地位时形成的。随着分离过程的逐步发展，出现了干旱的陆地，一些像鱼这样的生物到陆地上来生活，并随着地球上条件的变化而变化。甚至连人也是从比较低级的生物中进化而来的。人起源于一种已经适应了陆地生活，并且已经脱去了鱼皮的类似鱼一样的动物。由于人在原初的时代是这样的软弱无能，不可能像婴儿出生后那样生活，在陆地具备了人类生活的条件以前，只得先躲在鱼皮里面生活。虽然阿那克西曼德有时被列为进化论的先驱，但他并不相信生物的变化总是按照一个方向前进的。恰恰相反，他认为变化是循环的，因而他认为导致元素分离的动力以及我们现在所理解的生命进化能够周期地反转，而原始的混沌状态可能再一次出现，并占统治地位。

阿那克西曼德的观点表述在一首叫做“论自然”的诗歌中，显然，这是一首很受古人重视的著名诗歌。亚里士多德多次引用和评论过这首诗。但是原始著作似乎在古希腊和古罗马的晚期散失了。不幸的是关于阿那克西曼德的情况知道得如此之少。他的理论即使有些天真，但毫无疑问，是极富于创造性的。他的自然观是古人关于自然的描述中最富于想像力和总括性的。

米利都的阿那克西米尼 Anaximenes　*约公元前 550 – 前 475?*

阿那克西米尼是米利都的最后一个哲学家。公元前 494 年，米利都为波斯人所摧毁。现在人们对他的生活和工作几乎一无所知，甚至他到底活了多少岁及其生死日期都是一个问题。他好像做过阿那克西曼德的学生也可能是巴门尼德 Parmenides 的门徒。他的思想表明了他一定受到过阿那克西曼德甚至泰勒斯的影响。显然他曾写过一部书，至少书的一部分内容是德奥弗拉斯特 Theophrastus 了解的。据说德奥弗

拉斯特曾专门写过一篇关于阿那克西米尼的文章。阿那克西米尼和阿那克西曼德不同，阿那克西曼德宣称原初的物质是不明确的；阿那克西米尼择定空气或雾气作为形成一切事物的本源。他用对增加的两个过程的描述可以解释其它物质是如何由空气产生的。空气可以变得稀薄或者浓缩，就是说聚集在特殊位置上的空气，其数量的多少可以决定它的形状，但不改变其原初物质的性质。他的灵感可能来自工业上制毡过程的启发，因为在制毡工艺中纤维是由少到多地挤压在一起的。

阿那克西米尼认为空气处于不停顿的运动之中，“因为变化的事物只有在运动中才能变化”。当空气处于最均匀的状态时，我们看不到它。但是通过冷、热、潮湿和运动，我们就能看到它。当空气变得更精细的时候，它就成了火；当空气正在变得浓缩时，它便成了风；而它像制毡一样地挤压在一起就形成了云。假如空气进一步地冷凝，就会变成水；当空气更浓缩时，它会变成土；如果尽量浓缩，它还可能变成石头。确切地说，阿那克西米尼关于“空气”并没有一定确定的概念，因为他没有提供关于空气的物质性的证据。这些问题留给了恩培多克勒 Empedocles 去解决。

关于大地是宽广、浅薄而扁平的这种概念，好像是由阿那克西米尼形成的。他生动地描写说，浮在空气中的扁平的大地，如同一张叶子飘浮在空气中一样。阿那克萨哥拉 Anaxagoras 和其他一些原子论者也继续地进行这种描述。稀薄的雾气转变为火而产生天体。天体也飘浮在空气之上。

阿那克西米尼似乎已经认为宇宙中的空气好比是人类肉体中的灵魂。阿那克西米尼哲学中蕴含着的概念是：人和世界的其余部分一样，是由同样的本原塑成的，因此，一些相似的原理必定同时适用于二者。他的基本假设——形成某种

事物的原始材料数量的变化决定这种事物的形式——可能对赫拉克利特 Heraclitus 和其他哲学家都很有影响。然而，以后的哲学家却对神学问题及事物的分类排列更感兴趣，他们不再热心于探索造成世界万物分化的物质基础了。

阿那克西米尼的哲学思想在爱奥尼亚由色诺芬尼 Xenophanes 和赫拉克利特继承了下来；而在大陆则由阿那克萨哥拉、留基伯 Leucipus 和德谟克利特 Democritus 继承。

克罗丰的色诺芬尼

Xenophanes of Colophon　公元前 576 - 前 490

色诺芬尼被驱逐出祖国以后，在西西里岛度过了他的余生。他残存下来的作品的片断表明了他的主要兴趣在于神学方面。他对物质世界的问题虽然有某些敏锐的洞察力，但是关于他对后人影响的程度问题，还是有争论的。尽管他对诗和研究神学感兴趣，但他还能从对于化石的观察中做出许多有益的推理。

色诺芬尼认为，一切事物包括人类在内都起源于水和土。他注意到了陆地和海洋在过去曾经互换过位置，并且将来还会再次发生这样的变化。化石的证据支持了他的看法。因为许多贝壳是在内陆、山脉、苏黎士的采石场中和其他地方发现的。他认为，陆地曾被污泥所覆盖，当污泥干燥时，于是就留下了鱼和海洋动物的压痕。米利都学派的哲学家虽然也描述过万物（包括生物在内）是由泥土所产生的，但没有运用过像化石这样的自然界的事实来作证。

色诺芬尼认识到人类有着以他自己的形象来创造神的倾向。他还注意到了人类根据推测的对宇宙问题的看法和文化水平相关性的问题。他写道："埃塞俄比亚人说他们神祇们的鼻子是扁的而皮肤是黑的。色雷斯人则说他们的神祇有着微蓝色的眼睛和红色的头发。但是，如果牛、马或者狮子都有

手的话,那么马就会把它们的神祇绘制成马的样子。同样,牛的神就会具有牛的模样。这些动物便会把它们的上帝的身体制造成和它们自己一样。"[4] 虽然他强调人类知识的局限性,但他认为只要积极地探索真理,人们就能达到较高的智慧状态。基尔克 Kirk 和雷佛恩 Raven 说,色诺芬尼呼吁要谨慎地对待人类知识范围的各个方面,这一点是很可贵的,但是这个呼吁在抑制希腊哲学教条主义的发展倾向上并没有起到显著的作用。[5]

爱菲斯的赫拉克利特

Heraclitus of Ephesus　公元前 556 – 前 469

赫拉克利特尽管把火作为形成世界的本质,但是他的希腊伙伴们却给了他"阴暗忧郁"或"晦涩哲人"的称号。关于他的生活与死亡交织在一起的许多奇特故事,来自他的片断的言论,也来自那些敌视他的同时代人。第欧根尼·拉尔修 Diogenes Laertius 这样说:"赫拉克利特出身于一个古老的贵族家庭,养成了他特别骄傲自大、目空一切的习惯。这可以引他的话作为证据:'博学不会产生智慧。如果能的话,那么它早就能把赫西俄德 Hesiod、毕达哥拉斯 Pythagoras、色诺芬尼及赫卡泰 Hecateaus 教导好了。'"[6]

这位"泪汪汪的哲学家"远离众人,到山中隐居,在那里吃的是野草和其它植物,因而患了水肿病。在请求医生救护时,他用谜语考问医生。医生答不出他的问题,赫拉克利特就拒绝他们的治疗。他把自己埋藏在牛厩之中,他希望牛粪的
15 热量能够除去水肿病的水分。但事实并非如此,他就这样死去了。这样,便证实了他的论点:"当灵魂变成水的时候,就意味着死亡。"同样也证明了他认为的尸体比粪更没有价值的看法。[7]

赫拉克利特的体系似乎比他的前辈更加统一。但是这种

看法很可能仅仅是由于他的著作被保存得更好一些的缘故。他的许多想法确实很晦涩，甚至他同时代的人也都在这点上抱怨他。由于残存下来的仅仅是一些片断，而且这些片断后来还经过了他的追随者和论敌的增删和修改，造成了许多误会和曲解，因而很多解释是不可靠的。他的体系似乎确实想要系统地说明世界的整个面貌。作为他的体系基础的主要前题是：自然界的一切变化都受某种规律支配，并且保持着平衡。这种平衡就像存在于人世间的商业交易中一样，也存在于宇宙的变化之间。赫拉克利特说："任何事物都是等价地与火交换，万物变成火，火复成万物；正如货物换成黄金，黄金换成货物一样。"[8]

火，是一切事物的共同元素，也是形成这种平衡的原因。不管是烹煮食物，烘制陶器，还是冶炼金属，人们都能发现火既是一种会变化的元素，又是一种引起变化的过程。他认为一切事物都是流动的，一切事物都是变化的。根据柏拉图所说赫拉克利特曾经说过："一切事物皆存在于变化过程之中，任何事物都不是静止不变的。存在着的事物就好比是河中的水流一样任何人都不可能两次踏进相同的河水之中。"[9]

赫拉克利特的哲学能解释任何事物，从外部世界的变化到人的思想、行为、生命和死亡这样复杂的问题。他教导人们说：人们必须力求理解事物的真正的构造或事物的本质，它是由火组成的，并将会变得潮湿起来。按照他的观点，一个"干燥的灵魂"是最聪明最优秀的。由于酒特别能使灵魂潮湿，因此，他对酒使灵魂潮湿的害怕心理也许加重了他的抑郁症。对他来说，了解自然与了解人类本身是不能分割的，因为两者都由共同的材料所制成，而且由共同的规律所支配。这样，人类的行为与外部世界的变化在本质上相差不多。

米利都学派代表历史上苏格拉底前希腊哲学的第一个阶段。赫拉克利特可以被看作是中间的过渡阶段。毕达哥拉斯学派和埃利亚学派哲学家则代表了发展的第二阶段。

萨摩斯的毕达哥拉斯

Pythagoras of Samos　约公元前 582 – 前 500

罗素 B. Russell 说毕达哥拉斯是爱因斯坦 Einstein 和爱迪 Eddy 的结合。据说他在波利克拉提斯 Polycrates 暴君统治时期离开了萨摩斯，定居在意大利南部的克罗顿。在这里他建立了一个旨在研究数学和具有宗教意图的社团。值得注意的是在这个组织里有男女成员，地位一律平等。在这个社团中，所有的财物，甚至连数学上的发现，都被看作是公有的。显然他和三百个左右的学生，曾为意大利人制定过法律，并且因此而获得荣誉和权威。后来在一次叛乱的骚动中，他逃到梅塔彭顿去避难，并且死在那里。以后到了柏拉图和亚里士多德时代，毕达哥拉斯的名字笼罩着神秘和传奇的色彩。这个社团实行的保密原则，对传奇式的传闻的建立可能也起了作用。最后毕达哥拉斯学派分裂成科学派和宗教派。

16

某些著作的残篇表明，毕达哥拉斯认为人的灵魂能够在别的动物身上转生。这就意味着毕达哥拉斯学派相信所有的生物之间都存在着亲缘关系。毕达哥拉斯似乎认为，宗教和科学是复杂生活的两个不可分割的部分。他说："生活像过节，有的人是来参加比赛的；有的人是来做生意的；而最优秀的人则是来看热闹的。在生活中，庸人们追名逐利，而哲学家们则寻求真理。"[10] 但是直到目前仍无确切可信的关于毕达哥拉斯本人曾经进行过科学的教学的证据，也没有切实可行的方法来区分毕达哥拉斯本人与他的追随者们的观点。

克罗托内的阿尔克梅翁

Alcmaeon of Croton　鼎盛时期约公元前 500 年

我们对毕达哥拉斯同时代人的名字知道得很少，但这些人之中却有许多生物学家和解剖学家，克罗托内的阿尔克梅翁就是其中一个。虽然他可能和毕达哥拉斯的信徒有过某些联系，但没有确切的证据表时他是属于这个学派的成员。他的大多数理论都与医学和生理学有关，但他对自然哲学也很感兴趣。据说阿尔克梅翁是第一个以真正的科学精神从事解剖学研究的科学家。就是说他是为了研究学问，不是为了用动物的预兆作占卜而进行动物解剖研究的。他曾经使用发育中的鸡胚进行研究，这种方法在以后的几千年中成了标准的胚胎学研究的榜样。在他著名的发现中有联系大脑和眼睛的视神经和耳咽管。这些发现曾一度被人遗忘，直到十六世纪才由尤斯德丘斯 Eustachius 1520－1574 重新发现。

阿尔克梅翁企图通过对生理学的研究了解感官知觉过程的性质。德奥弗拉斯特写道，在那些认为不同的物种有不同的感觉的人中，阿尔克梅翁是第一个理解人与动物间差别的人。他认为，只有人是一种有理解能力的生物，而其它动物“只能觉察而不能理解”。他认为感觉是以某种方式和大脑的作用相联系的。如果脑的位置移动了或者状态改变了，感觉的通路就会被堵塞，感官也就失去作用了。阿尔克梅翁的理论涉及到关于健康的性质和灵魂的组成问题。他认为健康的保证是一些成对的相反因素之间的平衡，诸如：潮湿与干燥、冷和热、苦与甜等等。当这些不同性质因素成适当比例时，就属于健康。在这些成对的因素之间，只要某一种因素过量了，或者甚至占了统治地位，人就会生病。疾病可能发生于身体内部的血液、骨髓或许脑中，在这些使人注意的部位发生的疾病可能由外部原因所引起，例如潮湿，环境的变化，疲劳，饮食过度或营养不足，生活艰苦等等。根据亚里士多德所说，阿尔克梅翁认为灵魂是不灭的，并且在永恒运动着。人之所

以会死，就是因为“他们灵魂的始末不能相连”，因为“人的灵魂与天体不同，它是不能够做循环运动的”。[1]

西西里的阿格里琴托的恩培多克勒

Empedocles of Agrigentum in Sicily　约公元前 500 – 前 430

古人认为恩培多克勒是巴门尼德的崇拜者和朋友，但受到毕达哥拉斯学派很大的影响。与毕达哥拉斯和赫拉克利特一样，关于他也有许多传说。有人控告他常以魔法来欺哄他的学生和平民。很明显，他运用自称为超自然的天赋能力，蓄意投放出他的神秘的预兆。他自称他的天赋能力，可以医治疾病，防止衰老，能够救死扶伤，起死回生，还能使风向逆转，河水倒流，太阳上升，雨水降落。从后来的许多医学著作介绍他的情况中可以看出，他是作为医生而取得巨大成功、享有盛名的。在他的出生城市，制定城市规划，医学预防，确实改变了该城市的卫生和健康状况。据说，当时在山屏上打开了一个缺口，让凉快的北风吹过来，从而改善了酷热而不利健康的气候；清理沼泽地区，不仅便于消灭疟疾，而且还改善了水的供应。

恩培多克勒以他雄辩家的天才而著称，在丢失的亚里士多德对话体著作《诡辩家》一书中，他被明显地说成是修辞学的创立人。据说他还积极地参与政治活动，是个热情的民主主义者。他所参加的革命团体，打倒了一个叫做“千人团”的组织。根据另一传说，人们要把他所在的城市的王位奉献给他，但他拒绝了。

恩培多克勒幸存下来的全部著作仅有《论自然》和《论净化》。这两首诗歌原来总计有五千行，《论自然》残存下来的不到五分之一，而《论净化》留下的则更少。另一篇论医学的著作完全失传了。然而，比起许多其他早期自然哲学家们的著作来，他算是留存较多的了。《论自然》一诗主要用物质的观

点来解释自然，而《论净化》讨论了毕达哥拉斯学派关于灵魂转世的信念。他的这两种兴趣似乎是非常矛盾的，但很可能足代表了这位哲学家生前不同时期的观点。

恩培多克勒受到了当时一种哲学原理的影响，这种原理认为真实的事物不可能来自虚无的东西，某些原初的统一体不可能随后产生出许多的不同体。为了与这种理论结构相符合，恩培多克勒教导人们说，世上决没有如米利都学派所假设的那种原初统一体。对他来说，世界上存在着四种永远存在的、各自区别的元素物质：土、气、火、水。就像艺术家混合不同的颜色就能得到新的颜色一样，混和这四种永存的元素就会产生出各种新事物。恩培多克勒的宇宙论的基础是一种物质不灭论。创造和毁灭的出现仅仅是事物的基本组成适当的混合和分离的若干变化。

这样就产生了一个问题：四种元素的运动导致了它们原先组成的变化。那么，是什么东西造成这四种元素的运动呢？按照恩培多克勒的看法，是由爱和恨这两种力造成的。爱的力量使得元素互相吸引，从而创造出新的世界；但一旦恨的力量占了上风，就会使世界分裂。这样，在他的宇宙循环论中，宇宙就在创造和毁灭两个阶段之间摆动。[12] 虽然恩培多克勒有时被称作是达尔文 Darwin 的前驱，但他关于进化的总概念却认为进化并不是单方向地直线进行的，而是一个来回往复、摆动前进的系统。

与巴门尼德不同的是，恩培多克勒认为对于寻求真理的哲学家来说，如果他能细心地、有选择性地把各个感官应用于适当的地方的话，那么感官就能成为有效的向导。他说："眼睛是比耳朵更精确的见证者"。按照他的观点，感官的感知是由于体内的元素识别了体外物体上的相同元素而引起的。同类识别同类。"因为有了土，我们看见土；因为有了水，

我们看见水；因为有了气，我们吸收到了新鲜的空气；因为有了火，我们看见了燃烧着的火；因为存在爱，我们找到了爱；因为有争吵，我们担心争吵。”所有的事物——动物、植物、大陆和海洋，甚至石头、青铜和铁——都发射出一种叫做“流射物”的东西。如果这种流射物的大小适当，它就能进入感觉器官的孔，与知觉过程必不可少的元素相遇。

每种感觉的通道是不同的，因此“一个感官不可能判别另一种感官的对象，因为有些感官的通道是这样宽大，其它许多感官通道又是如此狭窄，……以致于有些东西可以畅通无阻地进入，而另外一些却根本无法进入”。这个理论还可用来解释意识和思想。按照恩培多克勒的理论，思想过程主要发生在围绕心脏的血液之中。他把心脏看作“处于来来回回奔腾不息的血液的海洋之中，这个海洋还特别是被人们称作为思想所在的场所，因为围绕着人的心脏的血液就是他们的思想”。血液被看作是四种元素的另一类暂时的组合，但“首
19 先被认为是与血液中其它部分的元素混为一体”。由于这个原因，血液是最适合于感觉外面的四种元素的，并且成了感觉的主要场所。人不是唯一具有思想的事物，因为恩培多克勒说，“一切事物都有思想”。然而，并不是所有的人和所有的事物都具有相同程度的聪明才智。[13]

人和所有其它动物都由四种相同的元素组成，是复杂而特殊的进化产物。这种进化赋于恩培多克勒的宇宙循环理论以鲜明的特色。他的循环理论是由两个过渡组成的，也就是在过渡时期生物进化的两个不同阶段。恩培多克勒的基本看法是，早期的地球没有她现在所具有的若干能力。在那时，产生了各种各样的生物。但早期产生的生物是不完善的，它们是在偶然的情况下，粗糙地形成的。在这个早期阶段，存在着许多“没有头颈的脸，没有肩胛到处游荡的手臂，还有独立的

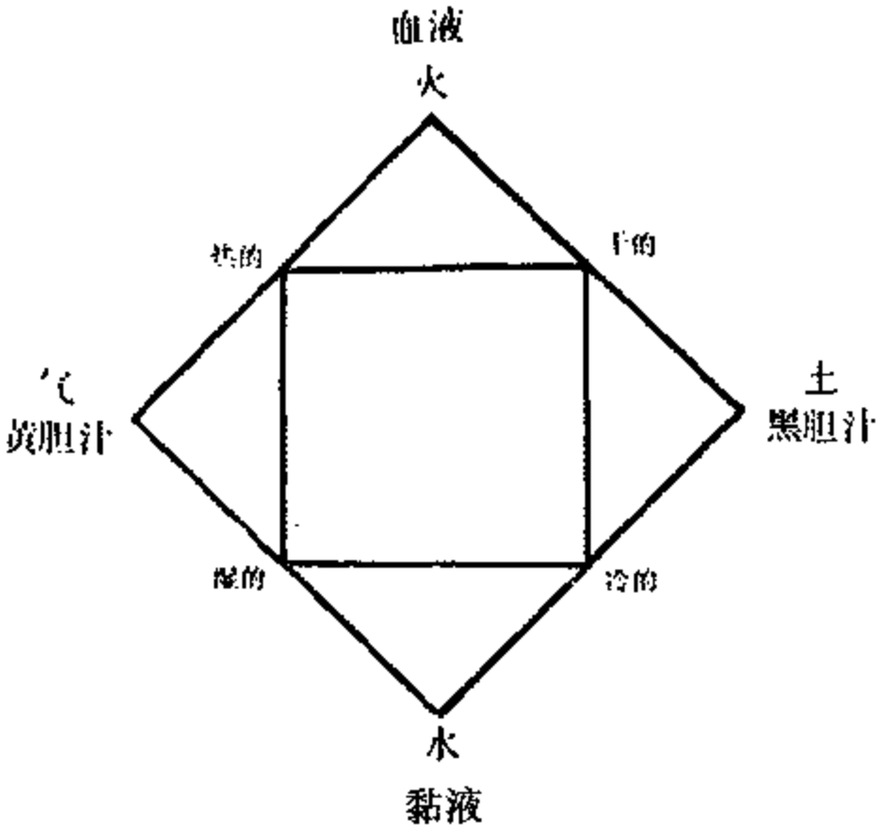


图 2－2　说明四种元素和四种体液关系的图解

眼睛在四处流浪，寻找着前额”。在第二阶段，这些孤独无伴、游荡徘徊、寻找着联合的肢体趋于结合。但是因为这种结合是杂乱偶然的，所以产生了许多怪物。“有的是两面都有脸和乳房的怪物，有的是具有人脸的牛的子孙”，或者甚至是“人的子孙却有牛头，有的怪物部分是雄性，部分是雌性，再配合了一些不育的个体”。这样一来，在这些极其多样的生物中，有许多生物或者由于畸形残废，或者由于和更强的种类的生物的竞争中被淘汰，或者是缺乏生殖系统部分，它们都不能繁衍自己的后代。

在第二阶段，即使结合过程只发生在一些偶然的机会里，但在某些时候，还是产生了一些完全自然的类型。那些结合得很好的生物生存下来了，而其它的生物则灭亡了，或“正

在灭亡之中"。所谓"完全自然的类型",这种类型仍然处于既不属于雄性，也不属于雌性的阶段，它是第三个阶段的特点。由于继续分化，性别最终变得截然不同并相互分离了，这样就进入了下一阶段。在第四阶段，新的生物不再直接从土中或者水中产生，而是通过生殖产生了。这种生殖的方式既包括有性繁殖，也包括生殖这个词的原初含意中所包括的一切方法。所有幸存下来的物种都具有某种特殊的能力、勇气或者速度，成功地保护自己并繁衍后代。[14] 这样一幅进化的概图显然适应于达尔文适者生存的观点。

我们现在所生活的世界正处在这个进化过程的第四阶段。在描述这个阶段时，恩培多克勒对多种科学作了许多评论。这些科学的每一方面在今天都成了一个复杂的专门领域，例如植物学、生物学和胚胎学。在希腊的自然哲学家中，他似乎是第一个以严肃的态度讨论植物学的。他认为植物是首先出现的生物，但如同早期的"完全自然的类型"一样，植物中尚没有性的分化。在植物中，火和土并没有像在动物中那样分离开来，因为植物仍然还有根扎在土壤中。

一切生物在这个阶段都是元素的混合物，但是各种元素的比例不同。生物根据体内的混合的元素来寻找它们在自然界的位置。树木由于在它们体内有较多的土元素，因此仍然扎根在土壤中；鱼体内则明显地含有较多的水；而鸟的体内含有更多的气和火这两种元素。在植物界，两性结合在同一个个体中，它们通过"卵"进行繁殖，但是人和高等动物则通过有性生殖传种接代。恩培多克勒的观点与毕达哥拉斯学派认为的孩子来自于父亲的观点不同。他认为，胚胎的某些部分来自父亲，而另外的部分则来自母亲。双亲中哪一个为孩子提供的特殊的东西多，孩子就像那个。他解释了形成后代性别差异的根据，他认为男孩子怀在子宫比较热

的部位，他所含的热量的比例要比女孩子大。子宫里热量的不断增加导致孩子的生长，而老年人的衰老则是由于热量的不断减少。

恩培多克勒关于呼吸的观点，在科学史中占有特别重要的地位。这些观点极其有趣地论证了空气的性质。根据亚里士多德的说法，尽管恩培多克勒的部分理论是很幼稚的，也很容易被驳倒，但是这些理论却表现出恩培多克勒对于日常生活现象具有敏锐的观察力和深入的洞察力。恩培多克勒说，一切生物的呼吸是在遍布于体内的无血管道中进行的。在皮肤表面有许多气孔，这些气孔使空气很容易通过，但却使血液保留在身体内。“当血液急速地流动着离开皮肤时，接连不断的空气像汹涌澎湃的波涛涌了进来；当血液跳动着上升时，空气就重新被呼了出去”。[15] 由于对血液循环的无知，恩培多克勒认为体内的血液就像涨潮落潮般地做往复运动。

恩培多克勒把吸入或呼出空气的活动与古希腊的漏壶的作用相比较。这种装置是个在底部装有滤嘴的空圆筒，用途与移液管一样，能把少量的液体从一个容器传递到另一个容器。他曾描述过一个玩弄闪闪发光的黄铜漏壶的女孩。当她盖住圆筒上面的口把漏壶浸到水中时，没有水从下部的滤嘴中进入容器，因为容器中的空气阻止了外来水分的进入。揭去容器的盖子，允许空气流出，容器外的水就能从滤嘴中进入容器。通过这个简单的观察，恩培多克勒证明了，空气并不是纯粹空洞无物的空间，虽然人们并不能看见它，然而它却具有一种物质实体的性质。他关于空气是物质实体的证明说明了尽管有些物质是这样的精细微小，以致人们并不能看见它，但这些物质却能产生出巨大的力量。一旦意识到自然能通过那些看不见的物体发生

作用，我们就可以克服感觉器官的局限性，并能认识那些不能直接看到的事物。

确切地说，用科学史的术语来解释这些洞察力还是有争论的。一些科学史家把恩培多克勒列入实验方法创始人的行列[16]；但另外一些科学史家却争论说，恩培多克勒只不过是把一个常见的观察应用于一个预先想好了的理论罢了。假如恩培多克勒真正应用了实验方法的话，他完全可以这样来检验他的理论：坐在水淹没到脖子的浴缸中，观察他"呼吸"时，是否有气泡通过水出入他的胸膛。

克拉佐美尼的阿那克萨哥拉

Anaxagoras of Clazomenae　约公元前 500 - 前 428

和恩培多克勒一样，阿那克萨哥拉有助于把希腊的自然哲学观念从巴门尼德主张过分地强调理智和过分强调逻辑推理之中挽救出来。阿那克萨哥拉虽然是阿那克西米尼的学生，他却代表了古希腊发展的新时期——雅典时期。在波斯征服了爱奥尼亚诸城镇以后，雅典成了富裕的商业和政治权力的中心。公元前 490 年，希腊在雅典人的领导下，在马拉松战役中击败了波斯军队。十年以后，希腊又取得了海战的胜利，终于摧毁了波斯的力量。在那时，雅典人仍然很重视创造性的生活，重视艺术和工艺技巧，对发明家和哲学家一样尊重，或者超过哲学家。

和早期的爱奥尼亚哲学家一样，阿那克萨哥拉把对于实际事物的兴趣和了解宇宙是如何活动的爱好结合起来。他认为大地是扁平的，而不是一个圆球。他还认为，天体并不神
22 圣，它们也是由与地球相同的物质组成的。太阳是一团赤热的金属，比伯罗奔尼撒[①]要大一些；月亮不是一个完全圆的球

① 伯罗奔尼撒，今希腊南端伯罗奔尼撒半岛。

体，在月亮上有山丘、河谷，也有生物在那里栖息。

伯里克利[①] Pericles 把这位哲学家带到雅典以丰富这座城市的文化生活。在《斐德罗》篇中，柏拉图说：伯里克利这位政治家被阿那克萨哥拉的高尚品德所深深地吸引，也沉浸于对自然问题的探索之中，这种探索活动成了他在艺术和辩论中杰出才能的源泉。尽管阿那克萨哥拉和伯里克利有交情，但他自己知道因为不敬神或者其它一些指责而受到迫害。据说，他的学生伯里克利曾发表了一个演说为他辩护，但他仍被处以五泰伦特[②]的罚款，并且流放他乡。在另一个报导中提到，他被缺席判为死刑。无论如何，他总归是从雅典到了拉姆萨卡斯。在那里人们都很尊重他，直到他逝世。人们询问他想得到什么特权的时候，他要求把他死的那个月中的一天作为每年的儿童节。

阿那克萨哥拉的兴趣相当广泛。他爱好天文学、气象学，以及对于我们来说最重要的生理学和关于感官知觉的学说。不幸的是，他所幸存下来的著作都是一些片断，还受到了各种不同的解释。

他把基本的元素称为均匀的分子或者叫做“种子”。就像金子是由极细小的金微粒组成一样，宇宙也是由一些微粒组成的。他的体系中的基本元素，即“种子”，其数量和种类都是无限的，然而每粒种子都有一些能引起我们感觉的各种性质。

阿那克萨哥拉认为，任何一个个别的事物都具有所有事物的一些共性，但是心灵却是无限的，又是自我支配的，它除了由其本身组成外，不和其它任何东西混杂。心灵是“一切事

① 伯里克利（公元前 495? - 前 429），古希腊大政治家，雅典民主派首领。

② 泰伦特 Talent：古希腊金币。

物中最精致最纯粹的。它具有关于一切事物的所有学问，它具有最伟大的能力。心灵能统治一切大大小小有生命的东西"[17]。在混沌初开的时候，由心灵发动运动，它起先在一个小范围内旋转，后来不断地扩大范围，不断地混合，不断地分离。直到分化出世间万事万物。旋转引起了一系列的分离，从稀薄中分出浓厚，从寒冷中分出温热，从黑暗中分出光明，从潮湿中分出干燥。这也就是说，在阿那克萨哥拉的体系中，心灵起着如同恩培多克勒体系中的爱与恨所起的作用。重的物体，例如大地，位于较低的部位，火是最轻的，它就位于较高的部位，而水和空气处于当中。

为了回答他自己提出的问题，"头发是怎样从不是头发的物质中产生的？肉又是怎样由不是肉的东西形成的？"阿那克萨哥拉争论说，必然存在着一些形成所有事物的种子，这些种子在混沌初开的时候就形成和存在了。从任何实体不可能产生于非实体的观点出发，他又进行了朴素的观察。他观察到，我们吃的食物例如面包和水，是简单的，并且是相似的。从这些简单的营养品中，我们的身体制造了"头发、静脉、动脉、肉、肌腱、骨头和身体所有的
23 其它部分"。这样，他推论说，在我们吃的食物中，必定有某些部分"形成了血，某些部分形成了肌腱，某些部分形成了骨头，如此等等。这些部位形成的原因只能这样才可以理解。"[18] 这些东西必然以某种隐蔽的形式存在于食物之中，在消化的过程中，这些"种子"或"元素"被分门别类挑选出来，通过物以类聚的自然吸引力分别到达适当的部位，促使身体的各部分生长。

阿那克萨哥拉重复了恩培多克勒关于漏壶的观察。但是，他似乎在证明空气性质的周密的实验方面进了一步。他说他曾运用把空气吹入猪尿泡来显示空气的涨力反抗猪

尿泡的收缩力的方法证明空气的力量。在对宇宙的描写中，他认为，正是空气的力量才使得大地飘浮在空气之中。虽然他似乎对许多科学问题饶有兴趣，但是作为证据留下来的仅仅是极小的部分。例如，他曾对鸟卵的成分感兴趣。他像阿那克西曼德一样，也认为动物最初是从水气、热量和土中产生出来的。在后期，各种动物才通过生殖繁衍后代。

关于感觉的概念，他和恩培多克勒相反，但更加精细、微妙。他认为感觉是在两种事物相反的时候发生的，而不是由相同事物的相吸所产生。这就是说，我们不会注意到相同的事物。例如，某些和我们一样热或一样冷的东西并不会使我们感到热或冷。根据保存在德奥弗拉斯特著作中的残篇所提到的，他曾提出任何感觉都与疼痛伴随在一起的论断。后来，他假定所有不相同的事物通过对比引起感觉，时间持续太长或者感觉过于强烈就会产生明显的痛觉。

在描写人与野兽之间的差异时，阿那克萨哥拉说："正是有了双手，才使得人成为最有智慧的生物"。他对观察和实验科学虽然有所贡献，但他对来自感官的证据仍然抱着很谨慎的态度。他说："由于我们的感官能力之微弱，我们不能通过它们来判断真实性。"[19] 他以颜色的渐渐变化难以为人们所察觉的现象，来说明他提出的这个告诫。他设想有两个容器：一只盛着白色的液体，而另一只盛着黑色的液体。假如把任何一个容器中的液体一滴一滴地滴入另一个容器中，那么没有滴到一定的数量，我们的眼睛是不会觉察到颜色的任何变化的。这就是说，眼睛虽然告诉我们液体并没有发生变化，但理智却告诉我们，感官欺骗了我们。

二　原子论者：德谟克利特和留基伯

Democritus　约公元前 470 – 前 370?

Leucippus　约公元前 440 年鼎盛时期

原子论者的理论之所以受到推崇，是因为它预言了现代的原子理论。确切地说，希腊的原子论是一种天才的猜测。这种猜测被法林顿 B. Farrington 称之为由泰勒斯开创的善于探索传统的最高峰。这种理论能使某些古希腊哲学家感到满足，而对于化学家来说，却几乎没有什么影响。是完全不同的研究途径导致道尔顿 J. Dalton1766 – 1844 的原子论。[20]

24

关于公元前五世纪[①]的原子论者的生平，有许多都是不太可靠的。甚至在古代，就有一些人怀疑是否有留基伯这样一个哲学家存在，而另外一些人则认为他是芝诺 Zeno 的学生，而且还是德谟克利特的老师。有人说他比苏格拉底大一岁，并和阿那克萨哥拉相遇过。而阿那克萨哥拉比德谟克利特大四十岁左右。留基伯被认为是把原子确定为基本元素的第一个哲学家。他认为原子含有数不清的元素，形状千姿百态，它们在空间永无休止地运动着。

德谟克利特和留伯基一样，也假设宇宙是由空间和原子所组成。亚里士多德一般总是把留伯基和德谟克利特两人连在一起谈的［某种意义上有点象现代的沃森和克里克 Watson – and – Crick］，而西塞罗[②] Cicero 却认为德谟克利特和留伯基在基本的哲学观点上很相似，但在其它领域里，德谟克利特则是更多产的。很可能是留基伯奠定了原子论的基础

① 原书误作公元五世纪。

② 西塞罗(公元前 106 – 前 43)罗马文学家、政治家。

而德谟克利特则精细地推敲了原子理论，并且阐明了原子理论的真实含义。[21] 不论怎样说，德谟克利特总被看作是原子论的详尽论述者和主要倡导者。德谟克利特还是一个多产的著作家，他的著作内容极其广泛多样，包括伦理学、物理学、自然、数学、音乐、天文学、医学、农学以及其它的技术题材。不幸的是，他所有的著作很少被保留下来，而且流传下来的少量片断，主要还是伦理学方面的著作。有一些和德谟克利特有关的著作可能并不是他写的。例如，描写他去国外旅行的著作。所以会产生这样的误会，是和对德谟克利特的联想符合的，因为他曾到埃及、波斯、印度和埃塞俄比亚等地作过广泛的旅行。

留基伯曾经大胆断言，空间是不存在物的，它为原子的活动提供了场所。原子不是被创造出来的，它们是永恒的，原子本身是不会改变的，它们也不会毁灭。但是在整个空间它们都处于永恒的运动之中。由于原子的结合，事物就形成了；而它们的分离则造成事物的毁灭。事物的多样性及其改变依赖于某些自身不变化的原初物质的分离和结合，这种思想可以追溯到恩培多克勒和阿那克萨哥拉。然而，在这些哲学家接受了运动的概念的同时，他们并没有假设存在着空间。而原子论者们则承认，原子和空间都是作为一切事物的物质上的原因。原子在形状、排列和位置状态上的不同，说明了宇宙中所有物体的明显改变。

德谟克利特认为，原子是如此之小以至于不能直接碰到我们的感官。因为原子里面没有空间，所以它是不可分、不可穿透、紧密结实的。另一方面，混合物是可分的，因为组成混合物的原子之间有空间，原子形态的数量也许是无限的，因为我们没有理由说某个原子只能是这一种形状而不能是那一种状态。

当然，古代的原子论和那些与它们相争抗的理论相比显得较新颖，今天看起来似乎更接近于"真理"。但是，当我们在赞扬这个理论的时候，我们必须记住，这个理论是建立在逻辑和推理基础上的，而不是建立在事实的基础上的。原子的重新排列能够组成不同的物质，这恰恰好像字母的不同排列能组合成不同的单词一样，这是一种非常古老的观点。然而，直到十九世纪这种争论还只是停留在形式的和逻辑的、而不是属于实验性的阶段上。很可能，德谟克利特对他的论点进行过整理。这些简洁、明晰的论点和他的理论的细节相比，给人的印象要深刻得多。

德谟克利特认为，有了空间和原子，数不清的世界就通过机械的方法形成了。这些世界各不相同：有的没有太阳和月亮；有的比起我们所在的世界来，太阳和月亮更大，或者多得多。各个世界之间的间隔是不相等的，并且它们所处的形成或消亡的阶段也不相同。有些世界因相互撞击而毁灭；有些世界上有生物而其它一些则"缺乏动物、植物或水气"。当然，这类事情究竟如何发生还不清楚。不过，这里并不存在任何超自然的力，只存在"偶然与必然"德谟克利特把旋涡称为必然。根据留基伯的观点，"没有什么东西会任意的产生，任何事物都有它本身的原因，而且是必然的"。在我们看来，虽然许多事情看起来似乎是偶然的，但是它们只不过是原子间一连串碰撞的结果。原子的形状和运动包括着确定观察得到的那种结果，这种结果在个别偶然事件中是模糊不清的。原子论者们认为，同类事物之间的互相吸引是很重要的。这种观点可以下面一段话为证："同一种类的生物成群结队地一起走来走去，鸽子和鸽子作伴，仙鹤和仙鹤为伍，如此等等。甚至无生命的东西，同样会有这种巧遇，如同我们可以发现，筛子里有种子，海滩上有卵石。"[22]

有一些争论是关于德谟克利特是否认为原子有重量的问题。正是有这个过程，使得德谟克利特的理论和道尔顿的理论很不相同。德奥弗拉斯特说，德谟克利特是以原子的大小和形状来区分原子的，伊壁鸠鲁 Epicurus 则在其它特性上再加了重量这个性质来区别原子。而亚里士多德说，德谟克利特认为原子有重量，而原子的重量由它们的体积大小来决定。[23]

后来有些评论嘲笑德谟克利特的感觉理论。亚里士多德把德谟克利特和其他类似的自然哲学家所持有的观点称为是“荒谬绝伦”的，因为“他们声称任何感觉都是通过接触得到的”。根据德谟克利特的观点，一切可感觉的东西，就是许多原子的各种排列，组成这些排列的这些原子只有形状和大小的差别。[24] 我们把某些性质归于这些排列，这些性质即被我们称之为颜色、味道、气味、声音、触觉等等。但是他说，这些性质不是物体本身造成的，而是这些物体作用于我们感官 26
的一种效应。据说，德谟克利特曾经退居到冷僻的地方，例如坟墓中，亲身体验自己的感觉的结果。他说明视觉的方式是和德奥弗拉斯特的“特殊的方式”相像。所有的事物不断地发射出某种流射物，促使眼睛和所见的物体之间的空气形成一种结合和一种记号。因此，这种可见的影像不是在瞳孔中产生的，而是在空气中产生后再被吸入眼睛。

这就是说，按照原子论者的概念所要求的，一切的感受和知觉，都必须被解释成为某种联系或某种接触。灵魂是由非常易流动的球形的原子所组成。这些原子散布在身体的各个部分，但在脑子里则比较集中。当脑的原子受到某些适当的原子碰撞而处于运动状态时，就形成了思维。这就是说，对于原子论者来说，从外部产生的影像是概念和思维的原因。其它的感觉则是形状大小不同的原子作用于相应器官的结

果。例如：接触了一种“小而光滑的圆形原子”就会形成一种苦的感觉；而锯齿形的大原子则产生咸的味道。但是人们感觉的事物属性，例如甜和苦、冷和热，甚至于颜色仅仅是些约定俗成罢了。在自然界只有原子和空间才是真实存在的。

人是宇宙的缩影——微观宇宙，它反映了整个宇宙——宏观世界。很明显，“缩影”这种思想是德谟克利特体系中的一部分。对于人，就像对于围绕着他的宇宙一样，都是用一种物质的观点来解释的。人是一个包含宇宙各种原子的微观宇宙。甚至人的意识、睡眠、生老病死，都能用原子的性质和原子的丧失来加以解释。

德谟克利特似乎对于生物学很感兴趣，也许还进行过低等和高等动物的解剖实验。亚里士多德后来运用的第一条分类原则，即生物分为有血动物脊椎动物和无血动物无脊椎动物原初就是由德谟克利特指出的。不幸的是，德谟克利特的大多数生物学著作都失传了，而他的观点主要是在亚里士多德反对这些观点的辩论中提到的。虽然这样一来，这些材料必定和他的实际成就有很大的出入，但是，却往往证明德谟克利特的观点比亚里士多德的观点正确。他称脑为思维的器官，反之亚里士多德则认为脑仅仅起着冷却血液的作用。德谟克利特明显地描述过心脏是勇气的器官，肝脏是欲望的器官。他还评论过关于骡及其奇怪的不育性问题，这个问题后来在遗传学上变得非常重要，尤其是在两性对于子代的决定性影响方面。由于传说柏拉图企图烧掉德谟克利特的全部著作，因此我们目前还能得到他的著作的某些片断，已经算是很幸运的了。

德谟克利特和希波克拉底是同时代的人。据古代的传说，他们还曾相会过。想象这样一个会见是令人愉快的。因为直到柏拉图和亚里士多德的时代，古希腊思维活动的最高成

就要算得上是原子学说和希波克拉底的理性医学理论。希波克拉底学派和原子论者们的著作和后来希腊黄金时代的哲学相比较，在许多方面更符合于现代思想。

三　希腊的医学

希腊的医学，特别是希波克拉底的成果，对生物学的发展也有所贡献。[25] 其中关于医学的内容极大部分都超出了本书的范围。在这里我们只能提及希腊医学遗产的主要方面。首先，与其它具有古老文化的民族相同，希腊的医学也起源于传统的宗教治疗方法。在庞大的寺院中供祭着阿斯克勒庇俄斯——医疗之神的神像。病人则在这样的寺院中寻求诊断和治疗。毫无疑问，寺院的医生们把成功的治疗与归于共同的经验和敏锐的观察力一样，同样归之于神。

生命平衡学说与希腊的医学有密切关系。这种学说认为健康的精神寄寓于强健的身体之中，它要求人们经常参加体育活动。这样，接着导致了人们有关肌肉和肌腱的实际知识。在体育活动中，身体最重要的部位也是最容易受伤的部位。在健康和疾病方面，毕达哥拉斯学派也提出了一个更为神秘的哲学观点。这种观点认为，要有一种适当的经过系统安排的生活方式。希腊医学中最重要的是一个讲究实际的理性医疗学派，这个学派是和希波克拉底约公元前 460 – 前 377 的名字连在一起的。对于希波克拉底以及和他同时代的哲学家们来讲，人是自然界的一部分，医学首先是一种职业，这种职业要求成功地促进自然力去治愈病人。同时，这是衡量一个医生的最重要的标准。和医疗技术相比，医学哲学是次要的。然而希波克拉底学派确实建立了一种关于健康和疾病的

理论。这个理论主要是从恩培多克勒的四要素理论中衍生出来的。人类，正如宇宙的其它部分一样，也是由土、气、火、水四种元素组成。这四种元素分别和人体中的四种液体相对应，这四种液体是黑胆汁、黄胆汁、血液和黏液。这些混合物的特殊变化，决定了人的性格，以及健康与疾病的状态。当四种液体恰当地处于平衡状态时，人就很健康；而当完备的平衡发生偏差时，人则呈现病态。这种包罗万象却又含糊不清的体液稠度的理论直到十九世纪还对医学有很大的影响。

随着前苏格拉底时代哲学的终结，希腊哲学进入到一个新的阶段。对希腊思想风气的改变最好从雅典的优点来作评
28 价。希腊哲学发展的下一阶段在雅典。公元前 431 年到公元前 404 年间进行的伯罗奔尼撒战争的结果是斯巴达征服了雅典。从此以后，那些曾经激起爱奥尼亚哲学家的热情，推动他们去寻求关于宇宙以及人类在宇宙中的位置的纯自然主义的解释的推动力，不再适应这个新时代了。那种对旧的学派很有吸引力的实际的和自然主义的观念，现在也不再受人欢迎了。过去一度激励了哲学家的工艺和技术开始打上了社会的烙印，并且正如苏格拉底的一个学生色诺芬 Xenophon 所说，在雅典它们“理所当然地蒙受了耻辱”。

四　苏格拉底、柏拉图和亚里士多德时代

在哲学史上，苏格拉底、柏拉图和亚里士多德是影响最大的人物。但是，对于科学史家来讲，至少是前面那两位，比起那些苏格拉底以前的哲人们来，许多方面是不太令人满意

的。较早的哲学家们生活在这样一个时代，这个时代不仅重视抽象思维，而且也重视技术上的进步，重视制造业、工艺、贸易以及实际的发明创造。当时有一种被法林顿称作为“启蒙宣传”[26]的思想，这种明智而确定的思想认为，通过理性思维和实际的工艺技术，人们能够清除世间的神秘与无知，能够了解人类、生命以及整个大自然。

虽然柏拉图以及他以后的哲学家们经常说，苏格拉底把古希腊的哲学思想从他的爱奥尼亚先辈们的抽象而唯物主义的影响中解救了出来，但对科学来说，希腊知识界的这种新气氛却是一个倒退。以前的哲学家们并不只是全神贯注地研究天堂而把人世间的事务都排斥掉了，他们认为人类同整个宇宙一样，是由同样的物质组成的，并为同样的自然规律所支配，对天上事物的理解可以增进对人类本质的探索。

苏格拉底 Socrates　公元前 470 – 前 399

根据柏拉图的说法，在苏格拉底以前，哲学只包括物理学，是苏格拉底给哲学增添了一个新的内容：伦理学。苏格拉底很可能对自然科学也感兴趣，但是他主要的兴趣是在伦理学和政治学方面。苏格拉底的老师，雅典的阿基勒斯 Archelaus 必定对自然哲学很感兴趣，而且，他本人就曾作过阿那克萨哥拉的学生。据说，苏格拉底警告他的学生们说，学习科学会使人变得疯狂，阿那克萨哥拉就是一个例子。由于阿那克萨哥拉在讲学时，丝毫也不提及神祇们，苏格拉底则决心排斥科学。很可能是由于他看到阿那克萨哥拉因为对神不虔诚而被赶出雅典，就深感学习自然科学的危险了。阿那克萨哥拉曾经说过，太阳并不是什么神，它只不过是一块灼热的岩石罢了。如果真是这样，因为“对神不虔诚”，雅典人把苏格拉底判了死刑，这是一个很大的讽刺。人们控告苏格拉底拒绝承认国家所规定的神祇们，而引进了一些新的不同的

神祇来腐蚀青年。由于这个"罪行"他被判处了死刑。他的朋友们都劝他逃走，但他没有这样做，而是用毒芹——定罪人服用的毒药，在监狱内结束了自己的生命。

苏格拉底认为，在世界上只有一样东西是美好的，那就是知识；只有一样东西是邪恶的，那就是愚昧。他宣称自己的神圣使命，就是探究和检验任何人所提出的所有命题。同时，他认为自己的作用是当助产婆，就是说，他并不是去教导别人，而是去诱导人们怎样思考问题，给予他们的思想以生命。苏格拉底把大量的时间花在教学和讨论上，而从来不把他的想法写下来。他宠爱的柏拉图所创立的哲学体系，其基础显然是他的老师苏格拉底的思想。

柏拉图 Plato　公元前 429 – 前 347

柏拉图的哲学体系虽然包含着关于宇宙本质的理论，但他首先关注的却是伦理学、政治学和神学。他对自然的解说是为支持他对理想社会的向往而设计的。据说，苏格拉底死后，柏拉图广泛地四处游历，向其他的哲学家、数学家，甚至埃及的祭司们请教。回到雅典以后，他在雅典郊外的橄榄树林创办了一个学园，在那里聚集着他的学生。柏拉图给他们讲课，写下了关于苏格拉底言论的回忆录以及他自己的哲学体系。在他的学生中，也并不是人人都完全专心于哲学的。据说，他在讲解他的对话体著作《灵魂篇》的时候，只有忠实的亚里士多德一个人听到底。这个学园以各种不同的形式几乎延续了约九百年。在古希腊的哲学家中，主要著作都完整地幸存下来的，要数柏拉图为首位。

哲学被看作是对神授的智慧的渴望。柏拉图认为，哲学家的任务是去阐明永恒的价值。这些知识不是从对自然界直接的观察得到的，它只能通过抽象的思维和数学才能得到。在物理学和论理学之外，柏拉图给哲学增添了第三部分——

辩证法。与他前辈们的唯物主义理论不同，在柏拉图的理论体系中，充满了大量的超自然力的、或者说是“神意”的内容。

正如他的《蒂迈欧篇》所反映的那样，柏拉图对创世的看法是高度宗教化的。[27] 他认为是永恒的完美的神按照理性和智慧的设计，才从原始的混沌中创造出了世界。根据柏拉图的创世观点，人类不是从比它更简单的生物进化而来的产物，它是首先被创造出来的。在人体各个部分中，首先形成的是头。因为它最近于球形，而且它是不灭的灵魂所在的器官。灵魂由三个部分组成，固定在大脑中的理性部分，在心脏中的感情部分，以及在肝脏中的食欲部分。在传统的逆向进化过程中，其他生物都是由人类退化而成的。甚至连女人也是次等产物。她们是由那些“胆怯的、在错误中浪费了生命”的男人们的灵魂变成的。对于柏拉图的先辈们，他的理智多于同情。他曾经写道：“那些与人无害但智慧不足的人，他们研究天国，但由于他们的单纯无知，认为只有亲眼目睹这类事物才是可以相信的”，这些人便成了鸟类。而那些对于哲学不起作用的人，只能变成四只脚的兽类。可怜的阿那克西曼德则遭到了更加可悲的命运，因为他曾经假设人类是从像鱼类那样的生物所演化来的。根据柏拉图的观点，生活在水中的生物，是由那些最愚蠢、最呆滞的人们所退化而成。他们的灵魂被自己的罪恶玷污得太脏了，以致神祇们认为他们不配呼吸纯净的空气。柏拉图就这样地分别论述了那些力图对宇宙做出彻底自然主义解释的人们，以及那些认为应该用感官来获得资料，并且认为这些资料的价值至少和抽象思维相等的人们。在柏拉图的世界中，真正实在的事物只能在抽象思维之中找到，被感官觉察到的东西就像墙上的影子一样，只是永恒假想中的事物，不完善的影像。

在生物学方面，柏拉图虽然没有直接做过什么研究，但是他的思想则影响、指导了后辈科学家的研究。物种和属的概念以及系统分类学的基础，都来自柏拉图探索的永恒观念的形式。

亚里士多德 Aristotle　公元前 384 - 前 322

亚里士多德是柏拉图的门徒，并且是使老师失望的法定继承人。在长期动乱的生活中，他似乎越来越背离他老师的教导。亚里士多德死后的二千多年之后，他的思想依然引起哲学家和现代一些伟大的自然科学家的兴趣。例如，德尔伯里克 M. Delbrück 最近谈到了他对亚里士多德怀着极大的尊敬。德尔伯里克充满夸张地说，他称赞亚里士多德早在二千三百年以前就预见了遗传学的基本概念——现在则称为由 DNA 进行传递的信息[28]。

就像柏拉图是第一个有大量著作保留下来的哲学家一样，亚里士多德则是一个有这样荣誉的自然科学家。[29] 他著作的数量极其庞大。我们对亚里士多德的生平特别感兴趣是出于多方面的原因。首先，在他的著作中反映了亚里士多德智慧形成的历史过程。其次，在亚里士多德个人传记中，有许多反映了公元前四世纪古希腊的科学、哲学、政治和风俗习惯等等的材料。亚里士多德生于马其顿的斯塔吉亚镇。在当时先进的、历史悠久的希腊各城邦中，这个小镇只能称是一个半开化的地区。马其顿是当时希腊最大的城邦，由亚历山大大帝 Alexander the Great 的父亲菲利普 Philip 统治。亚里士
31 多德的父亲纳柯梅奇 Nicomachus，是一个成功而富有的宫廷御医。年轻的时候，亚里士多德想必听到过阿斯克勒庇俄斯兄弟会的秘密和希波克拉底学派的传统以及受到皇室保护的许多好处。在马其顿，他虽然可以得到医疗技术、科学和宗教方面的教育，但作为一个内科医生所受的完全教育，还必

须包括哲学。因此，当亚里士多德十七岁时，他被送到柏拉图的学园进行学习。在这里，亚里士多德面临着一种完全不同的把抽象思维置于实践之上的思想方法。柏拉图哲学与实业医生的哲学大不相同。但是很明显，这个新的世界，对亚里士多德来说，是非常适合的。他在那儿一直待到柏拉图去世为止，时间长达二十年之久。

在此期间，亚里士多德已使自己确立为一个公认的哲学家、著作家了。他甚至对他的导师柏拉图的哲学中的某些内容也表示不满。很可能柏拉图非常不高兴地注意到了这点。后来，他指定了另一个才能平凡的人，他的侄子斯彪西波 Speusippus 作为继承人，而不是亚里士多德。亚里士多德在激怒和失望之下离开了柏拉图的学园，也离开了雅典，并且放弃了数学。来到累斯博斯 Lesbos 岛。在他一生中的这一阶段，他的主要兴趣是研究生物学。当一场革命推倒了他的保护人——阿塔纽斯的暴君赫米亚斯 Hermias 之后，他不得不逃到马其顿，待在菲利普的宫廷中，当了三年公元前 338 - 前 335 亚历山大的私人教师。虽然他们的师生关系在历史上是有名的，但不是富有成果的。当然，亚历山大对战争和征服比对哲学感兴趣得多。但他在征服当时的已知世界期间，还常常把他的老家庭教师放在心上，经常给亚里士多德送回他在外国发现的新奇动物的标本和报导。还有这样一个传说，就是亚历山大常带着亚里士多德的《伊里亚特》一书，并同他的短剑一起放在他的枕头下。

公元前 334 年，亚里士多德五十岁时回到了雅典。在那儿他建立了自己的学校——吕克昂 The Lyceum 学园，并且制定了严密的讲学和写作计划。不幸的是，这个多产而相对平静的时期实在太短了。政事的变动又迫使他再次成为逃亡者。亚历山大死后，雅典人起来反对马其顿的统治。亚里士多

德为了躲避“对神不虔诚”罪名的控告，他逃出了这个城市，“避免了对哲学的又一次罪恶”。他逃亡到卡尔基斯 Chalcis，在极度失望中聊度余岁。一年后，这位哲学家与世长逝了。

亚里士多德留下了大量涉及各个领域的著作。尽管他的著作保留得是比较完整的，但仍然有不少遗漏，在某些写作顺序上也还不确定。有些著作显然是他的同事编辑的，有些还是他学生的记录。这些都可能混淆了亚里士多德真正的言论和思想。由于他有善于组织、应用别人的材料，以及找出类同关系的天赋，因此他讨论的问题几乎涉及人类知识的各个领域。关于他以前的学者们的许多情况，人们就是通过他的评论才知道的。在他的评论中，亚里士多德对于他所不同意
32 的观点常常进行讽刺甚至歪曲。

亚里士多德的著作主要有以下四个方面的内容：(1) 物理科学：特别是天文学，即以地球为中心的、封闭而有限的宇宙学说。这一学说，直到哥白尼 N. Copernicus 1473－1543 时代，一直在西方思想界占统治地位。(2) 伦理学和政治学：虽然这些内容并不属本书所讨论的范围，但必须指出，即使在纯属哲学的亚里士多德的著作中，也包含着许多联系自然观和社会观的问题。他常常运用许多生物学的例子来阐明哲学上的难点并提供类比。(3) 逻辑学和形而上学：这方面的著作中，有许多是批评他的先辈们的，特别是批评柏拉图的理念论的。(4) 生物学：这里特别显示了亚里士多德观察自然的天才。尽管有反对体力劳动的偏见，但是他还是乐意解剖甚至是最低等的动物。他在生物学方面的主要著作有：《动物自然史》、《动物的组成部分》、《动物的繁殖》、《论灵魂》。

在这些著作中，亚里士多德以两种身分出现：一是理论家和逻辑学家的身分。他认为逻辑和现实的东西很可能是完全同一的；二是观察家的身分。他深深地懂得自己是在一个

还没有人开发过的领域里开拓，因此他告诫自己的学生们要信赖自己的观察，而不是他的话。柏拉图认为“形式”或“理念”只存在于理性世界中。亚里士多德吸取了这种高度抽象的理论，并把它用来指导对自然的研究。对于亚里士多德来讲，“形式”或“理念”是存在于自然界中的，它并不是超脱自然界的。

按照亚里士多德的看法，真正的自然哲学家，应当能够在自然界的每一领域中都发现令人惊奇的东西，不会“像孩子似的由对于考察那些低等动物感到厌恶”而退缩。在他那著名的关于海洋生物的研究中，他说科学家必须“兴致勃勃地去研究每一种动物，因为研究一种或多种动物都能揭示出真和美”。对大自然所完成的业绩仔细地进行探索，就会发现“她的生成和组合”总具有“一种美妙的形式”[30]。

“形式”Forms 理论对刺激人们去研究动植物的种类是相当重要的。当时亚里士多德虽然已经知道有五百二十多种不同的物种，并且他还解剖了五十多种动物，但他认为这只是迈入整个新领域的第一步。亚里士多德是系统分类学的伟大先驱，但在他的工作中还没有正式的分类学。他运用了“属”genus 和“种”species 作为分类的范畴。他承认对动物进行分类和描述是一项不朽的工作。但是我们仍然要对动物身体的各个部分和习性进行研究，才可能建立起合理的分类系统。

亚里士多德对生物学的调查研究感到是很愉快的事，并且也对此感到非常满意。但是作为一种理论，只是亚里士多德的整个世界体系中的一个环节。这样，亚里士多德虽然准确地描述了许多动物，甚至对某些很小很精细的鱼和软体动物的卵和胚胎都作了精确的描述，但是由于他在研究过程中存在着“事物应该是这样的”的主观想象，因此他的高度的观察力也被歪曲了。正如爱因斯坦所说过的那样，“正是我们的

理论决定了我们的观察对象”。因而在他的理论中，对于生物体内重要器官功能的论述，存在着某些错误的概念。他认为心脏是灵魂和智慧活动的中心。解剖并不永远是了解一种器官的全部手段，因为一种器官的功能是不能完全从其结构中看出来的。根据亚里士多德的观点，大脑仅仅起到分泌黏液和冷却血液的作用。

亚里士多德并没有明确地创立一个分类学体系，但他已经相当仔细地探讨过了这个问题。人们从他对动物的描述和对分类系统必要条件的探讨中，已经能粗略地勾画出一幅分类草图。他和柏拉图不一样，柏拉图使用一种简单的两叉式分枝法来划分动物的种类。亚里士多德认识到，为了确定动物间的亲缘关系，必定要先研究许多性状。人们只有研究动物的结构、生活特性、环境、运动形式以及生殖方式，才能对这些动物有所了解。

自然分类的体制就是要在生物功能与结构多变的情况下，注意若于特征，来估量和确定它们的亲缘关系。例如，只是按照动物的栖息地来分类就很不合理，尽管这条件曾被某些中国的植物学家和中世纪自然哲学家用来作为分类的标准。这种分类法把蝙蝠、鸟和飞鼠分在一起；把生活在水中的鱼同海洋哺乳类如海豚和鲸划作一类。这种分类法除了会产生上述此类荒谬的归并之外，它还很不符合亚里士多德的意图。因为它将使人们无法决定某种动物在那宏大的“生物阶梯”中处于较高级的还是较低级的位置。[31]

通过研究动物所有的特征，亚里士多德发现了一种研究动物的方法。即以生殖的方式方法作为分类的主要依据，便可得出令人满意而连续创造物的阶梯。同德谟克利特一样，根据有无红色血液，亚里士多德首先把动物划分为两大类群。这两类动物就相当于脊椎动物和无脊椎动物。在亚里士

多德的著作中，我们只找到了“属”和“种”起源于希腊语“形式”一词这两个术语，前者的意思大体是同族或近亲，后者则是我们平常所认为是同样的动物或植物。

在亚里士多德的生物阶梯略图中，动物的次序是根据它们出生时的发育程度排列的。我们称为哺乳类的动物处在阶梯的顶端，因为这些动物的成员都是温暖和潮湿的，没有土性。它们的幼体生下来时就是完善的，就能自己活动，这些幼体由这类动物的雌体喂奶长大。低一级的生物，虽然暖气较少，但仍然是潮湿的。这些动物也是一生下来就能自己活动，但它们是由卵发育而成，这些卵在母体内生长发育。再往下一级的是温暖但干燥的动物，它们产出完全的卵，如鸟类和爬行类动物。比它们再低一些的则是那些冷的和土性的动物，它们产的是不完全的卵，例如青蛙和乌贼。在一切有性生殖的动物中，最低等的形态是蠕虫，它们会产卵。沿着这个阶梯再往下，则是蚤虱了，它们是自然发生的。这样便形成了一个以植物为底层到以人类为顶点的阶梯。某种生物所具有灵魂的多少及其质量的高低决定了它的习性和能力，同样也决定了它的结构和物种的完善性。植物只有一个植物性灵魂，适于植物的生长和繁殖；动物还有感觉的灵魂，便于动物的感觉和运动；而人类则除此以外，还具有理性的灵魂，这个灵魂位于人的心中，而不在大脑。

亚里士多德认为生物的繁殖有三种主要方式：第一种是自然发生，通常产生蚤类、蚊虫和各种虱子。第二种是无性生殖，像海星、蠕虫、贝类。这类动物就是由这种方式繁殖的。在海洋生物中，较为普通的再生现象也被认为是生殖的一种形式。第三种是有性生殖，即指比较高等的动物，甚至还包括某些昆虫，例如蝗虫。亚里士多德赞许自然发生论，反对米利都学派哲学家们的进化理论，这对生物学的发展来说是很不幸

的。自然发生论直到十七世纪仍然很流行，并且在十九世纪再次以不同的形式登台表演。根据亚里士多德的观点，即使自然发生也是按照一定的规律进行的，只有在某些特定的软泥中才能产生出某些特定的昆虫和蚤虱。

毫不奇怪，雌雄两性的出现才产生了有性生殖。在亚里士多德的理论中，雄性更为完善和温暖，而雌性就比较地不完善和不温暖。关于雌雄两性对子代的贡献的这个老问题，按照亚里士多德的说教，雄性的作用是提供形式、运动和活力。雄性的产物或"种子"是在血液中，经过完善的"烹调"cooking 过程而形成的，并继承着最纯净、最能创造"形式"等等性质。

根据亚里士多德的学说，雌性的作用是提供完全被动的质料。月经是一种不成熟的精液，可能是雌性的只加工了一半"烹调得半熟"half - cooked 的产物。正好像一块大理石只是一个塑像的材料，而只有雕刻家才能使它成为一尊雕像或具有一定的样式一样，雌性提供的质料只具有潜在能力，通过这种物质，雄性提供形态的原则，使它成为实体。在怀孕期间，那些平常在月经期应流失的血便用来形成胚胎，并使之增大。亚里士多德的生殖理论的主要优点在于他对人们已知的事实加以说明，适应了他那个时代的偏见；这个理论的缺点是存在着完全错误的东西，但是这个缺点是次要的。直到哈维 W. Harvey　1578 - 1657 研究了这方面的问题之后，亚里士多德的生殖理论才受到严重的挑战。

虽然如此，德尔伯里克还是认为亚里士多德的理论预言了人们将会发现 DNA 在生殖中的作用。像 DNA 一样，雄性精液提供的"形式因"，包含了胚胎各个部分的设计蓝图，并控制着各个部分的生长发育。在此过程中，"形式因"本身并没有发生改变。但是，亚里士多德完全忽视了雌性亲代的遗

35

传贡献。而对这个问题，他的先辈们(如希波克拉底)都早已注意到了。德尔伯里克洞察到亚里士多德有这样明显漏洞的理论的这个"新"价值，也许应当授予一次诺贝尔奖金。

亚里士多德用含糊的比喻，如用"烹调"来解释胚胎发育，也用同样的两个字来解释营养。某些食物在胃里"烹调"过以后成为食物雾气 food vapors，这些雾气上升到心脏，然后心脏把它们变成血液，血液经过运行，把营养送到身体的各个部分而直接为身体各部分所吸收。

亚里士多德虽然有许多门徒，但他的卓越成就使得他们都黯然失色。在一代又一代的人们中间，他的思想统治着生物学，同样统治了人类思想的其它方面。甚至古代和中世纪的生物学水平都从未能超出过亚里士多德对生命现象的概念范围。尽管亚里士多德教给人们科学方法的许多基本要点——周密而正确地观察，收集各方面的许多事实，从事实出发进行演绎推论，但他教导中的这些部分，却几乎被忘光了，这是很大的不幸。随后的那些研究者不去理解掌握亚里士多德思想的精神实质，而只是他的词句的盲目追随者。

五　亚里士多德的后继者

为了便于研究亚里士多德的学生们倾向于接受他所有知识中的最朴实的部分。以前的哲学家们那种企图形成一个完整的宇宙观的老传统，基本上随同亚里士多德的去世而一起消逝了。在亚里士多德的吕克昂学园中，只有德奥弗拉斯特 Theophrastus 和斯特拉图 Strato 这两位大弟子才配得上做他们老师的学生。虽然如此，吕克昂学园作为一个知识分子的活动中心，在亚历山大博物馆兴起以前，一直继续在起作用。

德奥弗拉斯特 Theophrastus 公元前约 373 – 前约 285

德奥弗拉斯特出生在累斯博斯岛的艾雷色斯 Eresus。他的父亲是一个漂洗工人，和其他哲学家不同，他较多地接受了他父亲给予的实际的生活和科学观点。还在亚里士多德同柏拉图相互合作的时候，他就开始在柏拉图的学园里教哲学课程。公元前 347 年，柏拉图死后，德奥弗拉斯特就跟随亚里士多德，并成了他的忠实的学生、朋友和主要助手。亚里士多德在生命的最后一年被迫流亡出走。此后，德奥弗拉斯特就成了吕克昂学园的主持人。他的讲课是极其受人欢迎的。在雅典，他是如此地受到人们的尊重，以致当有人控告他对神不虔诚时，这些控告人几乎没有不受到惩罚的。

德奥弗拉斯特与他的老师的声望相比虽然相形见绌，但他在主持吕克昂学园的日子里，对于科学还是有所贡献的。他的优点是极其勤勉。他写了大量著作，做了大量工作。但是，直到近代人们才认识到他善于独立思考，甚至是一个有创见的思想家。他被人们忽视的原因很可能是他被保留下来的著作太少，大约只有十分之一。人们一般认为他是科学植物学之父，但实际上他还广泛地研究过其它许多问题，如形而上学、生物学、医学以及四要素学说。

在某些方面，德奥弗拉斯特回到了苏格拉底以前的那些哲学家的观点上。看来，他对亚里士多德的某些观点，例如关于自然界的真正构成以及观察在了解事物过程中的作用等观点，似乎不太同意。他反对自然哲学家研究“始因”时的先入之见，并把这种先入之见称为“形而上学” metaphysics，反对他们贬低通过观察对自然本身所作的研究。这种通过观察来研究自然界的方法应该称作为物理学 physics。把这两者混淆起来，并认为形而上学更值得探究，是科学发展受到阻碍的原因。妨碍科学发展的另一个因素，是不顾一切地使用了

目的论的论证方法，即所谓根据意图进行论证的方法。目的论原理曾为亚里士多德或明或暗地加以使用，这原理认为自然界的一切事物都是有目的的，自然界决不会徒劳地白做任何一件事。如果一个人决心要观察自然现象时，很容易地看出，自然界不是总在产生具有普遍目的性的行为以及理性计划的行为。德奥弗拉斯特提出了自然界存在着干旱和洪水，雄性存在着乳房，以及某些人长着多余的毛发等作为反对目的论的证据。以发育不完全和退化了的痕迹器官为基点，反对自然界是有意志的这样的论点，对于达尔文 Ch. Darwin 和其他的进化论者都是极其重要的。

德奥弗拉斯特认识到，“目的论”的解释往往是过分简单化的，有时则是轻率、不负责任思想的一种伪装。这种思想能够立刻回答一切问题，但却不能提出一个真正有意义的问题，也不能真正解决一个问题。在作结论时，他告诫读者：“我们对最终目标的陈述要力求制定一个限度，这是以科学态度研究宇宙的前题，也就是说，以科学态度研究真实事物存在的条件及其相互关系的前提。”[32]

德奥弗拉斯特对科学发展的先决条件具有这种极有价值的见解，那么他本人是否把这种原则贯彻到他自己的工作中去了呢？从他在植物学方面所作的基础性工作来看，答案似乎是一个有限的肯定。[33] 他好像常常叫从遥远的地方来到吕克昂学园的学生们到他们自己的家乡去观察植物，用这种方法来扩展他对植物学的研究工作。他本人则曾描述过五百多种野生和栽培植物的种和变种。

德奥弗拉斯特最基本的贡献之一，是他明确地区分了植物与动物。亚里士多德认为动物是由人退化而成的，并进一步推论，认为由动物进一步退化才产生了植物。德奥弗拉斯特则详细阐明了动物和植物在结构上的基本区别，例如，许

多植物体的一些部分很容易得到更新，而动物失去身体的一个“部分”则常常是一种意外的事故，它们的再生是极有限的。他告诫说，不要去硬凑动物和植物之间在形态学上的相似性。但不幸的是，后来的植物学家和解剖学家都忽视了他这个正确合理的劝告。

几乎直到出现近代的植物学以后，植物学的发展才能真正超出德奥弗拉斯特的水平。他使用的分类体系一直沿用到林耐 Linnaeus 那个时代。植物被分为乔木、灌木、草本植物、一年生植物、二年生植物和多年生植物。他对植物的描述中同时包括着对实践和对科学有重要关系的项目，例如，他描述了植物的液汁和产物，也记录了它们的特征，如黏性、胶性、气味和颜色。他还记载了许多安全采集植物标本的迷信说法。由于植物是当时药物的主要来源，采集草药是药物学的前奏，因此关于植物的这些信念对于科学家和普通人来说同样是十分重要的。德奥弗拉斯特虽然对植物和生殖非常感兴趣，但是除了枣椰树和一些高等植物以外，他却没有认识到植物的有性生殖。根据德奥弗拉斯特的观点，高等植物通过种子繁殖后代；而低等植物则依靠自然发生产生后代。亚里士多德和德奥弗拉斯特都认为，植物通过种子繁殖未必能保持纯种，因为它们的某些特征能够被环境所改变。

在《论火》一文的片断中，我们可以看出他机敏地评论了古老的关于四要素的学说。由于人们通过某种力能产生火，因此它是很特殊的，而且它与其它要素不同，它的存在需要一种基质。德奥弗拉斯特写道：“火是一种运动形式，它总是在寻找着营养物。”在另一个更详细的辩论中，德奥弗拉斯特明确地指出了来自观察的证据和单单来自逻辑推理的证据这两者之间的区别。[34] 在这个片断中有许多观察自然和工艺技巧过程的例子。

这样，德奥弗拉斯特就指出了回复到以类比结合工艺过程的这种辩论方法，进而推向实验科学。虽然这个论点没有直接导致现代实验科学的诞生，但是它为斯特拉图指明了一条道路。

兰萨库斯[①]的斯特拉图

Strato of Lampsacus　公元前 286 – 前 268 鼎盛时期

斯特拉图被人们称为“自然科学家”。人们认为他的令人注目的科学探究已经超出消极被动的观察范围，从而到达了实验科学的阶段。[35] 斯特拉图放弃了伦理学的研究，转向气体力学。虽然人们对他本人以及他的著作了解得很少，但他显然是一位颇受尊重的学者。他从导师德奥弗拉斯特那里学到了很多有利于生存的宝贵教育，并得到了他的保护。德奥弗拉斯特认为，学者应该成为真正的世界公民，他能在命运的变幻中生存下来，在任何一个领域里都能找到职业。斯特拉图曾做过托勒密 Ptolemy 二世 Ⅱ的家庭教师，得到很高的酬金。托勒密 PtolemySoter 一世请这位哲学家去管教他的儿子菲拉德尔弗斯 Philadelphus。因此，他在亚历山大待了一段时间，这是他一生中一段有趣的经历。公元前 287 年，当他四五十岁的时候，代替德奥弗拉斯特当了吕克昂学园的主持人，直至公元前 269 年。他可能写了大约四十部书，但所有的著作都没有保存下来。其中一部分著作被以后的科学家抄袭和占用。尤其是关于气体研究方面的著作，已经被亚历山大的希罗 Hero 大量地利用。斯特拉图不仅对进行实验感兴趣，而且他还认为这种探究在实际的运用中会有成果。

达埃斯 H. Diels 在一篇文章中，把气体方面的研究归于斯特拉图而不是亚历山大的希罗。斯特拉图明确地说过，他

① 现土耳其的拉普塞基 Lapseki。

能够用“实验测试”证明真空的存在。首先他讨论了一个实验，这个实验证明一个所谓“空的”容器实际上是充满了空气的。例如把一个容器口朝下小心地浸入一盆水中，容器中的空气就会阻止水进入容器。但是如果在容器的底部开一个洞，当空气从这个小洞流出去的时候，水就从容器口进来了。在这个实验中，因为人们很容易感觉到空气正在被水排走，所以它也表明了风就是由于空气的运动而造成的。

斯特拉图把空气分子同沙滩的细沙作比较。他的主张是：微小的真空以一种分散状态存在于空气、水和其它物体之间。空气分子之间，就像沙粒之间存在空间一样也有空隙。因此，在空气中，分子与分子之间的空间既能被压缩得小一点，也可以分开得大一点。只要用一个带有狭窄小口的容器做一个简单的实验便能证明微小空间的存在。用嘴把容器中的空气吸出后，容器依然可以吊在嘴唇上不掉下来，这是因为真空具有一种把嘴唇吸进容器去充满它的空间的倾向。利用医生用的小瓶做的实验提供了另一个证明。用液体部分地充满这个容器，这样便排出部分空气，用手指按住容器的狭口倒置于液体中，小瓶便可倒立在液体中。

斯特拉图要求反对他的人们不要光用他称为“语言游戏”的逻辑学的方法，而要提供实验的证据来做出答复。这些例子说明斯特拉图深思熟虑地用就在身边的实物进行实验，接受感官感觉到的证据。这些重大的进展已经超过了恩培多克勒。然而，斯特拉图甚至进一步设计专门的装置来证明空
39 气和真空的本质特性。辛伯力西斯 Simplicius 告诉我们说，斯特拉图因曾为一个争论的论点而困扰；这个争论的论题是：“如果没有连续的真空，物体的位置究竟是否会发生变化?”他把一块石头放在装满水的密闭的容器中，当容器倒过来

时，石头的位置发生了变化。

斯特拉图用许多天才的论证，“证明”在可感到的物体中都存在着空隙，无论是气体、液体还是固体。这样，太阳的射线才能够直达水桶底部。但是其中某些射线打在粒子上被反射回去，只有少数穿到水桶底部。假如在水里没有空隙的话，这种现象就不会出现，并且由于这些射线打入水桶中，还会使水溢出来。另一个证据是：把酒倾入水中时，可以看到酒在水里逐渐分散。据说，亚里士多德的《气象学》第四卷便是由斯特拉图所写。这篇残稿是独一无二的，因为在亚历山大的《炼金士》以前的希腊文著作中，仅有这一篇论及了化学问题。

斯特拉图也试验过火的效力。传说他曾在加热前后称一块木头，发现在燃烧后木炭虽然同原来的木头的体积等同，但是重量却显著减轻了。这证明了木头的某些物质被驱走了，在剩余的粒子间出现了更大的空隙。很明显，他对于声的本质及传导也有着相当深刻的认识。他反对亚里士多德关于每种元素的重量同其在自然界中的“自然位置”有关的观点，回到了德谟克利特关于重量是一种向心力的运动的理论上。他进一步屏弃了亚里士多德关于“重力”与“轻力”的概念，他认为一切元素都有“重力”而没有“轻力”。

现在，人们已经把斯特拉图关于心理学和人的本质的某些观点从湮没无闻中拯救了出来。他和柏拉图不同，柏拉图认为真正的知识能够脱离经验而独立存在，它是第一性的，并且只有灵魂才能拥有知识。斯特拉图反对柏拉图的这种看法，他认为真正的知识只能源于经验。他又批判地研究了感官和头脑之间的关系。他的结论是：头脑外部所产生的刺激，只有在头脑中才会转变成为一种感觉。根据斯特拉图的见解，知觉和思想是同一个灵魂的两种功能。由于动物具有和我们一样的感觉器官，因此它们也必定是有思想的。他不同

意亚里士多德认为动物是由人退化而产生的观点。他认为人只不过是动物中较高级的一类。

对于斯特拉图来说，所有存在的一切都是由纯粹自然的力和运动所造成的。他对他所处的时代是非常不满的，这种情况可以从他的大量著作被毁以及后来的许多评论家对他的大量的批评中可以看出。

吕克昂学园虽然并没有随着斯特拉图的去世而完全消亡。但在他去世后，在雅典几乎再没有出现真正有价值的科学成果。在下一阶段，科学研究的中心移到了亚历山大城的大博物馆。当斯特拉图还在主持吕克昂学园时，由于学生人数的减少，他已经看到学园前景不佳。在遗嘱中，他把学园托给莱柯 Lyco 负责，因为其他的人不是太老便是太忙了。[36]

在埃及的托勒密新皇朝当时已经意识到科学和知识是很有用的，热切地希望把一切能为他们利用的东西都转移到亚历山大城去。我们将在下一章里介绍这些情况。

40

六　希腊科学的衰落

现代的理科学生们倾向于认为，把由纯思维向近似于实验科学的转变是由泰勒斯和斯特拉图作为一种很有前途的进步而提出的。但实际上，希腊的科学状况正趋于急剧的衰落。正当雅典处于产生一种近于现代科学的时刻，而历史的判断却必须说古希腊的科学正在失去信心，事情就是这样矛盾地发展的。斯特拉图如果生活在今天，可能与我们这个时代很适合，但他和他的同代人却很不合拍。

古希腊科学的衰落是整个古希腊文化衰落的一个部分，也与雅典城邦国家逐渐失去独立和实力、政治状况日趋恶化密切相联。学者们的兴趣从自然科学转向伦理学和政治学，

希望藉此来帮助他们在困难的条件下生存下去，甚至重新飞黄腾达。就哲学家对这一衰落所起的间接和直接的作用而言，把“思维”和“经验”分离的倾向便是可悲的根源。哲学家们生活在奴隶社会并且享受着奴隶社会的果实，他们为有闲阶级关于管理世人事务的观点建立了一套基本原理。

柏拉图和亚里士多德的某些论著必须被看作是为奴隶制度辩护的。他们蔑视工艺技术、手工业工人以及所有的实际劳动者。柏拉图不相信人类的能工巧匠会创造出任何东西来。他认为，所有的发明创造都来自于神所创造的“理念”或者“形式”，然后通过哲学家转授给工人。他把一切手工劳动都看作是卑下的，即使这劳动是用来研究抽象的科学或数学问题的，也不例外。柏拉图甚至批评他的同事，不该为了解决一个几何问题而建造一架仪器。柏拉图认为，即使是参加这样的“劳动”也会把“思想弄脏的”。

古典的传统热衷于精神生活。那时的人们对于工作的尊严以及劳动、技术、事实、科学和思想之间的关系是不知道的，或者是反对的。因此，塞涅卡 Seneca 认为，在他那个时代，任何发明创造都必然是奴隶们的事，因为只有奴隶才关心具体的事物而不关心观念。根据勒泰琪 Plutarch 说，阿基米德为他自己建造的机器而感到羞耻。就像怀特 L. White 写的那样：“在古代，学者不劳动；而劳动则没有知识”。[37] 在柏拉图看来，由于现状必然是根据“神圣的旨意”安排的，因此，技术上的进一步改进既是不必要的，也是不可能的。亚里士多德 41
认为，“应用科学”已经完成了它的使命。由于一切的享受和精心安排的社会需要都已具备，所以科学必然就没有什么用处了。德奥弗拉斯特写道：“促使有闲阶层享受的舒适的文化，已经不缺什么了。”[38]

解放劳动力的设施是没有必要的，因为只有奴隶才用他

们的双手劳动，而在古代社会中奴隶则有的是。柏拉图认为奴隶只不过是活的机器。人类已经没有什么必要再努力有效地开发自然了，因为对重要人物来说，已经有足够的东西使他们过着舒适的物质生活。那些重要人物是过着精神生活的人们。对于只有少数人才能享受这种讲究生活，这一点用不着在意的。因为人类社会是等级社会，恰恰像宇宙一样，从最低等的未形成的物质产生，经过奴隶和奴隶主直到伟大的"第一动力"。

注释：

1. T. W. Africa(1968). *Science and the State in Greece and Rome*. New York: Wiley.
2. G. S. Kirk and J. E. Raven(1957). *The Presocratic Philosophers: A Critical History with a Selection of Texts*. Cambridge, Mass.: Cambridge University Press, p. 78 (Aristotle, Politics AII, 1259a9.)
3. Kirk and Raven, p. 78. (Plato, Theaetetus, 174A.)
4. Kirk and Raven, p. 168 – 169.
5. Kirk and Raven, p. 181.
6. Diogenes Laertius. *Lives of the Philosophers*. Translated and edited by A. R. Caponigri(1969). Chicago: Regnery, p. 47.
7. Kirk and Raven, p. 183.
8. Kirk and Raven, p. 199.
9. Kirk and Raven, p. 197.
10. Kirk and Raven, p. 228.
11. Kirk and Raven. pp. 232 – 235.
12. D. O'Brien(1969). *Empedocles Cosmic Cycle: A Reconstruction from the Fragments and Secondary Sources*. London: Cambridge University Press.
13. Kirk and Raven, fragments concerning sense – perception and consciousness, pp. 343 – 344.
14. Kirk and Raven, "Four Stages of Evolution," pp. 336 – 340.
15. Kirk and Raven, p. 341.
16. J. Burnett(1930). *Early Greek Philosophy*. 4th ed. London: Black, p. 27.

17. Kirk and Raven, Anaxagoras, "Mind," pp. 372 – 375.

18. Kirk and Raven, Anaxagoras, "In Everything a Portion of Everything," pp. 375 – 377.

19. Kirk and Raven, p. 393 – 394.

20. See, for example, F. M. Cornford(1932). *Before and After Socrates*, Cambridge, Mass.: Cambridge University Press, p. 25; B. Farrington(1969). *Greek Science, Its Meaning for Us*. Baltimore: Penguin, pp. 62 – 63; S. Toulmin and J. Goodfield (1962). *The Architecture of Matter*. New York: Harper and Row.

21. C. Bailey(1928). *The Greek Atomists and Epicurus*. Oxford: Clarendon; T. Cole (1967). *Democritus and the Sources of Greek Anthropology*. Cleveland: Western Reserve University Press

22. Kirk and Raven, Leucippus and Democritus, "The Formation of Worlds." pp. 409 – 414.

23. Kirk and Raven, Leucippus and Democritus, on "The Behaviour of Atoms," pp. 414 – 421; D. J. Farley(1967). *Two Studies in the Greek Atomists*. Princeton: Princeton University Press.

24. Kirk and Raven. Leucippus and Democritus, on "Sensation, Thought and Knowl edge," pp. 421 – 424.

25. See for example, H. O. Taylor(1963). *Greek Biology and Medicine*. New York: Cooper Square; A. J. Brock(1929). *Greek Medicine*. New York: Dutton; E. J. Edeltstein(1945). *Asclysius*. Baltimore: Johns Hopkins Press; Hippocrates. *The Genuine Works of Hippocrates*. Translated by F. Adams(1939). Baltimore: Williams and Wilkins.

26. Farrington, p. 81.

27. F. M. Cornford, ed. (1937). *Plato's Cosmology: The Timaeus of Plato*. London: Paul.

28. M. Delbrück(1971). Aristotle – totle – totle, in *Of Microbes and Life*. Edited by J. Monod and E. Borek. New York: Columbia University Press, pp. 50 – 55.

29. W. Jaeger(1948). *Aristotle*. 2nd ed. London: Oxford University Press; R. McKeon, ed. (1941). *The Basic Works of Aristotle*. 4th ed. New York: Random House; W. D. Ross, ed. (1952). *Aristotle's Works*. 12 Vol. Oxford: Clarendon.

30. Aristotle, *Parts of Animals*. I 5. 645a, in *The Works of Aristotle*. Vol. V. Translated by William Ogle(1912). Oxford: Clarendon Press; p. 644.

31. A. O. Lovejoy(1936). *The Great Chain of Being*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

32. W. D. Ross and F. H. Forbes, eds. and trans. (1929), *Theophrastus Metaphysics*. Oxford: Clarendon.

33. Sir Arthur Hort(1916). *Theophrastus Enquiry into Plants*, 2 Vol. Loeb edition. Cambridge, Mass. Harvard University Press.

34. Farrington p. 167.

43 35. H. B. Gottschalk(1964 – 1966). Strato of Lampsacus: some texts, in *Proceedings of the Leeds Philosophical and Literary Society – Literary and Historical Section*. Vol. 11(1964 – 1966), Part 6, 1965. M. R. Cohen and I. E. Drabkin(1958). *A Source Book in Greek Science*. Cambridge: Harvard University Press.

36. Farrington, p. 191.

37. L. White (1968). *Dynamo and Virgin Reconsidered*. Cambridge: MIT Press, p. 65.

38. Theophrastus, *Athenaeus*, 511d.

参考文献:

Adcock, F. E. (1957). *The Greek and Macedonian Art of War*. Berkeley: University of California Press.

Africa, T. W. (1968). *Science and the State in Greece and Rome*. New York: Wiley.

Aristotle *Historia Animalium*. Translated by T. Taylor (1809). London: Wilks.

Aristotle. *De Partibus Animalium*. Translated by A. L. Peck(1937). London: Heinemann.

Aristotle. *De Generatione Animalium*. Translated by A. L. Peck(1943). London: Heinemann.

Bailey, C. (1928). *The Greek Anatomists and Epicurus*. Oxford: Clarendon.

Breasted, J. H. (1935). *Ancient Times*. 2nd ed. Boston: Ginn.

Brock, A. J. (1929). *Greek Medicine*. New York: Dutton.

Burford, A. (1972). *Craftsmen in Greek and Roman Society*. Ithaca: Cornell University Press.

Burnett, J. (1930). *Early Greek Philosophy*. 4th Ed. London: Black.

Casson, L. (1974). *Travel in the Ancient World*. Toronto: Hakkert.

Cohen, M. R. and I. E. Drabkin(1948). *A Sourcebook in Greek Science*. New York:

McGraw – Hill.

Cole, T. (1967). *Democritus and the Sources of Greek Anthropology*. Cleveland: Western Reserve University Press.

Coonen, L. P. (1957). Theophrastus revisited. *Centennial Review* 1: 404 – 418.

Cornford, F. M., ed. (1937). *Plato's Cosmology: The Timaeus of Plato*. London: Paul.

Cornford, F. M. (1932). *Before and After Socrates*. Cambridge: Cambridge University Press.

Delbrück, M. (1971). Aristotle – totle – totle, in *Of Microbes and Life*. Edited by J. Monod and Ernest Borek. New York: Columbia University Press, pp. 50 – 55.

Diogenes Laertius. *Lives of the Philosophers*. Translated and edited by A. R. Caponigri (1969). Chicago: Regnery.

Dodds, E. R. (1951). *The Greeks and the Irrational*. Berkeley: University of California Press.

Edelstein, E. J. (1945). *Asclepius*. Baltimore: Johns Hopkins Press.

Edelstein, L. (1967). *The Idea of Progress in Classical Antiquity*. Baltimore: Johns Hopkins Press.

Edelstein, L. (1967). *Ancient Medicine: Selected Papers of Ludwing Edelstein*. Edited by L. Temkin and C. L. Temkin. Baltimore: Johons Hopkins Press.

Eichnolz, D. E., ed. (1965). *De Lapidibus*. Oxford: Clarendon.

Farrington, B. (1965). *Science and Politics in the Ancient World*. New York: Barnes and Noble.

Farrington, B. (1969). *Greek Science, Its Meaning for Us*. Baltimore: Penguin.

Finley, M. I. (1972). *The Ancient Economy*. Berkeley: University of California Press.

Finley, M. I. (1970). *Early Greece: The Bronze and Archaic Age*. New York: Norton.

Finley, M. I., ed. (1960). *Slavery in Classical Antiquity*. Cambridge, England: Heffer.

Furley, D. J. (1967). *Two Studies in the Greek Atomists*. Princeton: Princeton University Press.

Furley, D. J., and Allen, R. E. (1975). *Studies in Presocratic Philosophy*. New York: Humanities.

Guthrie, W. K. C. (1962 – 1969). *A History of Greek Philosophy*. 3 Vol. Cambridge: Cambridge University Press.

Harvey – Gibson, R. J. (1919). *Outlines of the History of Botany*. London: Black.

Hawkes, E. (1928). *The Pioneers of Plant Study*. London: Sheldon.

Heath, T. (1921). *A History of Greek Mathematics.* 2 Vol. Oxford: Clarendon.

Hippocrates. *The Genuine Works of Hippocrates.* Translated by F. Adams (1939). Baltimore: Williams and Wilkins.

Hughes, J. D. (1975). *Ecology in Ancient Civilizations.* Alberquerque: University of New Mexico Press.

Jaeger, W. (1948). *Aristotle.* 2nd Ed. London: Oxford University Press.

Kirk, G. S. and Raven, J. E. (1957). *The Presocratic Philosophers: A Critical History with a Selection of Texts.* Cambridge: Cambridge University Press.

Lewes, G. H. (1864). *Aristotle.* London: Smith Elder.

Lloyd, G. E. R. (1970). *Early Greek Science: Thales to Aristotle.* New York: Norton.

Lloyd, G. E. R. (1973). *Greek Science After Aristotle.* New York: Norton.

45 Lovejoy, A. O. (1936). *The Great Chain of Being: A Study of the History of an Idea.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Majno, G. (1975). *The Healing Hand: Man and Wound in the Ancient World.* Cambridge: Harvard University Press.

McKeon, R., ed. (1941). *The Basic Works of Aristotle.* 4th Ed. New York: Random House.

Mosse, C. (1970). *The Ancient World at Work.* New York: Norton.

Needham, J. (1934). *A History of Embryology.* Cambridge: Cambridge University Press.

Neugebauer, O. (1957). *The Exact Sciences in Antiquity.* Providence: Brown University Press.

O' Brien, D. (1969) *Empedocles Cosmic Cycle: A Reconstruction from the Fragments and Secondary Sources.* London: Cambridge University Press.

Osborn, H. F. (1894). *From Greeks to Darwin.* New York: Macmillan.

Parsons, Edward A. (1952). *The Alexandrian Library.* Amsterdam: The American Elsevier.

Phillips, E. D. (1973). *Aspects of Greek Medicine.* New York: St. Martin.

Reymond, A. (1927). *History of Sciences in Greco – Roman Antiquity.* New York: Dutton.

Romanes, G J. (1891). Aristotle as a naturalist. *Contemporary Review* 59: 275 – 289.

Ross, W. D., ed. (1952). *Aristotle Works.* 12 Vol. Oxford: Clarendon.

Ross, W. D. (1956). *Aristotle.* 5th Ed. New York: Barnes and Noble.

Ross, W. D. and Forbes, F. H. (1929). *Metaphysics of Theophrastus.* Oxford: Clarendon.

Sambursky, S. (1956). *The Physical World of the Greeks.* Translated by Merton Dogut. London: Routledge and Paul.

Sandys, J. (1903). *History of Classical Scholarship.* Vol. 1. Cambridge: Cambridge University Press.

Singer, C. (1957). *A Short History of Anatomy from the Greeks to Harvey.* New York: Dover.

Taylor, A. E. (1955). *Aristotle.* New York: Dover.

Tarylor, H. O. (1963). *Greek Biology and Medicine.* New York: Cooper Square.

Thompson, D'A. (1913). *On Aristotle as a Biologist.* Oxford: Clarendon.

Thompson, D'A. (1940). *Science and the Classics.* London: Oxford University Press.

Theophrastus. *Enquiry into Plants.* Translated by Sir Arthur Holt(1916). 2 Vol. Loeb edition, Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Toulmin, S. and Goodfield, J. (1962). *The Architecture of Matter.* New York: Harper and Row.

White, K. D. (1970). *Roman Farming.* Ithaca: Cornell University Press.

White, L. (1968). *Dynamo and Virgin Reconsidered: Essays in the Dynamism of Western Culture.* Cambridge: MIT Press.

Withington, E. T. (1921). The Asclepiadea and the Priests of Asclepius, in *Studies in the History and Method of Science.* Edited by C. Singer. Oxford: Clarendon, Vol. 2, pp. 192–205.

第三章　古希腊的遗产

一　亚历山大时期

随着亚里士多德吕克昂学园生命力日益衰竭，亚历山大地区[①]的托勒密家族[②]使一个新的学术中心脱颖而出。他们继承了亚历山大大帝 Alexander the Great 生气勃勃的精神。这里的统治者们认识到科学可以为他们的统治服务，因此，利用他们的权势把吕克昂学园中一切有价值的东西都转移到亚历山大的新博物馆。

以往的马其顿曾经是一个贫穷落后的行省，在梅拿特 Maynatas 的儿子菲利普 Philip，公元前 393－前 336 王朝时期，情况开始转变。公元前 359 年，菲利普成了马其顿的国王

① 现埃及港口亚历山大。

② 这里的托勒密并非文学家托勒密，而是亚历山大大帝手下的将军托勒密创立的埃及托勒密王朝。

后，便着手建立一支能够征服整个世界的职业军队。菲利普靠着他强盛的精力、独到的创见和积极的主动精神，用了二十二年时间，平定了国内，征服了邻近的未开化地区，并且打败了古希腊城邦。凭着精湛的军事艺术和灵活的外交手腕，他已经接近了自己的目标——征服和统一所有已知的世界。可是，这个机敏而权势很大的人却被暗杀了。刺客可能曾经是菲利普的老朋友。这次谋刺是否出于刺客自己的意愿，或者替波斯人或者雅典人行刺，还是为了奥林匹亚皇后 Queen Olympias 和她的儿子亚历山大 Alexander，公元前 356－前 323，没有一个人能够确切地知道。

父亲死时，亚历山大虽然才二十岁，但却有效地巩固了自己在历史上的地位。他除去了三个与他争夺皇位的人，接着便开始了为世著称的军事生涯。当攻击波斯帝国时，他统率的大军有三万四千步兵、六千骑兵。还有随军的学者、历史学家、植物学家、地理学家、工程师以及测绘人员。这样，每占领一地后，都得到了大量有关占领地的资源、自然历史和地理等方面的资料。也许正是这些堆积如山的新资料，使古希腊的科学家们大开眼界，有力地促进了他们改变对世界的总看法，从带有推测性的宇宙观转变到更为具体、更为实际的事物方面。

48 在占领了埃及以后，亚历山大被拥立为法老[①]。安蒙[②]的神喻预言他是一个神，是神的儿子。亚历山大打败了波斯帝国的大流士 Darius 国王，征服了巴比伦，挥戈指向印度，在娶了大流士的女儿不久，亚历山大因发热生病而死，死时还不到三十三岁。虽然他人是死了，但在帝国的某些地区，

① 古埃及君王称号。
② 埃及人尊崇的太阳神。

在人们的心目中他还是一个神。在帝国的亚洲和埃及的外省地区，人们把他当作神来崇拜，编了许多关于他的神话。托勒密 Ptolemy 把他的尸体从巴比伦偷出来运到亚历山大城，盛放在神龛中。一千年后，穆斯林仍把他当作另一个先知[①]。在罗马帝国，奥古斯都·恺撒[②] Augustus Caesar 出于政治上的需要，宣布亚历山大是奥林匹斯[③]诸神中的第十三位神祇。

亚历山大死后，他手下的将军四分五裂，为争夺对军队的控制和占领的地盘而勾心斗角。最后，三个继承者分别控制了这个帝国的三个部分。独眼的安提柯 Antigonus Cyclops 公元前 382 – 前 301 统治了帝国的欧洲部分、马其顿和希腊；塞琉古 Scleucua Nicator 公元前 356 – 前 281 占据了亚洲部分；托勒密·苏特 Ptolemy Soter 公元前 367 – 前 283 则统治了埃及。托勒密王朝的统治延续了约 250 年，它对历史，尤其是对科学史有着最为持久的影响。

亚历山大的托勒密王朝

托勒密像亚历山大一样，曾做过亚里士多德的学生。他精通文学，善于写作，为后人提供了唯一的描写他以前的统帅和国王亚历山大大帝的第一手资料。他得到了帝国最富庶的地方，自称为"苏特"Soter（即"救世主"的意思）。托勒密继承了私人教育的传统，请斯特拉图做他儿子菲拉德尔非斯的私人教师。在他死前二年，菲拉德尔非斯继承了王位，统治了三十八年公元前 285 – 前 247。埃及的亚历山大城那儿有世界七大奇迹之一的灯塔为标志，成了托勒密各朝代的首都。在这里，能得到当地管理机构和教士们的帮助，他们有能力把希

① 穆斯林的第一个先知为伊斯兰教的教祖穆罕默德。

② 奥古斯都·恺撒（公元前 63 – 前 14），罗马第二次三头统治中的恺撒·屋大维，罗马帝国第一个皇帝。奥古斯都是尊号，意即崇高庄严。

③ 奥林匹斯山，希腊神话中诸神的住所。

腊的文化成就引入已经相当发达的埃及文化。亚历山大城成了世界文化的首都，学者、诗人、哲学家纷纷从帝国各地，尤其是从雅典来到这里。

托勒密王朝建立了缪斯[①]神庙（即博物馆）和巨大的亚历山大图书馆，并且支持了它们的发展。[1] 这座博物馆名义上受一位高级教父指导，实际上却是一个真正的研究所。作为一个教育机构，它是以亚里士多德的吕克昂学园为样板而建立的，但如果不从质量上看的话，它在教职员和学生规模上，大大地超过了以前的吕克昂学园，使之相形见绌。关于博物馆的确切情况知道得很少，因为当时的情形并没有记录，或者虽然记录了，但也没有被保存。按照传说和后人的描述，这座博物馆的建筑和附属设施相当宏伟壮丽。它包括有散步的长廊，用来举行会议的带椅子的会场和一座供学者们一起用膳
49 的大厅。教授们的薪俸由国王支付，他们还免交赋税，伙食也免费。德奥克里特司 Theocritus 称托勒密是“自由人士所能有的最好的供养者”。[2] 在博物馆里，有供研究和上课用的教室，有供个人或小组学习用的房间，还有一座天文台、一个动物园，一所植物园以及许多解剖室。

这宏伟的图书馆藏书约五十万卷。图书管理员似乎对确定研究和教学的方向有重大的影响。在这所学术的圣堂内，收集了许多珍贵的手稿并进行了复制。亚里士多德的图书，甚至也许连希波克拉底学派的图书都被弄到这里珍藏起来。图书管理员购买、复制甚至偷盗所有手头可得到的文献。书是通过购买或暴力手段弄来的。任何旅行者都必须如实报告所带的书，如果是一本重要的书，它就会被扣住并进行复制。“教科书”这个概念也出自亚历山大城。各个领域的

① 缪斯：希腊神话中掌管文艺音乐天文等的九位女神。

专家按照预定的总计划对所有的知识进行分类整理。这个总计划要求从一些普遍的原则出发，用大家公认的概念来整理分析科学研究前沿中最近出现的新思想。

在亚历山大，说明人们强调实际效益的例子，是许多根据水力学和气体力学原理发展了的工程以及所发明的阀门、泵和螺旋等器具。而且，由于当时还处在奴隶制的社会，并没有过多地鼓励人们去发明节约劳动力的工具。亚历山大的大多数发明，除了应用于战争和神庙巫术的器具以及极少量的医疗器械如注射器外，绝大部分都停留在玩物的水平。总的来说，托勒密王朝并没有鼓励人们去发展科学、工程技艺和学术研究。它的兴趣只在应用宗教来巩固权力。不能因为过分地强调博物馆的艺术和科学成就而忘记这一点。当时科学成了宗教的奴仆。虽然斯特拉图曾宣布他并不需要神的帮助也能创造一个世界，但是他所创造的科学却帮助了神。亚历山大的希罗[①] Hero 就曾应用气体力学在神庙里为信仰宗教的无知的人们创造了“奇迹”。

博物馆最有创造力的时期是在起初的二百年。在它最灿烂辉煌的阶段以及其后的一段时期，博物馆以有效而有规则的方式培养造就了许多工程师、医生、地理学家、天文学家和数学家。由于这个政府毕竟是建立在历时漫长的埃及世界中的希腊“飞地”上的，因此对它来说，必须培养出它自己的科学家和工程师。

不幸的是博物馆和图书馆的杰作很少幸存下来。关于摧毁图书馆情况的确切说法不一。[3] 在托勒密王朝的最后一代克娄巴特拉 Cleopatra 女王当政时，据说图书馆藏书达七十万卷。公元前 48 年，当恺撒[②] Julius Caesar 带领三千多名士兵访

① 希罗：希腊数学家、医学家，在亚历山大地区活动。

② 罗马第一次三头统治的恺撒（公元前 100 - 前 44）。

问亚历山大城时，克娄巴特拉从图书馆中取了许多珍贵的著作作为礼品送给他。在反抗罗马人的暴动中，大火烧毁了四万多册手稿。公元前48年发生的这场火灾与后来基督教徒对异教学术机构的袭击结合在一起，造成了图书的大量损失。亚历山大城的主教德奥费罗斯 Theophilus，公元 385－412 率领一批暴徒袭击神庙，又被他们毁坏了许多图书。据传公元415年，博物馆的最后一位学者、女数学家希帕蒂亚[①] Hypatia 被基督教暴徒们拉出去，活活地打死在一座教堂里。同样，公元646年当阿拉伯人占领了这座城市后，在狂热的宗教情绪和过火行动中，他们又继续了这种毁灭性的活动。

亚历山大的解剖学研究

在亚历山大，虽然科学研究的方向主要是在某些专门领域及其实际应用上，但是其它许多学科仍然都得到了蓬勃发展。由于当时对医学的支持，因此解剖学研究取得了巨大进步，突出的原因是当时鼓励人们进行人体解剖，在历史上第一次有条理地进行了系统的人体解剖。埃及有个传统，人死后，把尸体剖开，取出某些器官。在保存尸体的宗教仪式中，这些手术是一个组成部分。也许正是这个传统使希腊人克服了对尸体解剖的厌恶情绪。这种实践在二世纪末看来是中断了，但是解剖活的和死的动物的活动仍在继续，解剖研究并没有停止。

希罗费罗斯 Herophilus　鼎盛时期在公元前300年

当时，有两个伟大的竞争者进行了相当复杂的解剖学研究，一个是解剖学家希罗费罗斯，另一个是自称生理学家的埃拉西斯特拉塔 Erasistratus。不幸的是这两个科学家的著作都失传了。我们只能从后人引用他们的话或评论他们的文章

① 希帕蒂亚(370?－415)拜占庭女天文学家、哲学家、新柏拉图主义者。

中知道一些他们的活动情况。当德尔图良[①] Tertullian 和圣奥古斯丁[②] St. Augustine 这些教父们想要搞到异教徒所犯滔天罪行的证据时，他们就指向了声名狼藉[3]的希罗费罗斯，控告他严刑拷打折磨死了六百个人。公元前一世纪的一个作者赛尔苏斯 Celsus 说：希罗费罗斯和埃拉西斯特拉塔因进行活体解剖而被政府定罪。某些历史学家接受了这种辩解，而另外有些人则抱怀疑态度。[4] 在亚历山大到底是否解剖过活人，以及进行到怎样一种程度，这始终是个有争议的问题。因为最好的证据——亚历山大的解剖学家的著作已经失传，而唯一留下的是他们的反对者的讽刺和谩骂性的材料。托勒密王朝的统治者把解剖活人必需的材料——判了死刑的犯人——交给了解剖学家，这一点是确定无疑的。当时解剖学家是相当激进的，他们根本看不起古希腊害怕解剖人体的传统心理。后人传说希罗费罗斯利用机会在活人身上进行解剖，观察研究了活人体内的内脏器官。然而仅仅在大庭广众面前进行一些解剖演示就必然足以震惊那些迷信的同代人了。

据说希罗费罗斯来自于布列舍利亚的凯尔昔东。除了知 51
道他可能与科斯岛的普雷克山格雷斯 Praxagoras 一起进行研究外，很少知道关于他的其他生活情况。他写过一些著作，其中有《论解剖学》、《论眼睛》以及一本助产士手册。他接受女学生，其中最有名的是阿格诺迪丝 Agnodice，她必须扮作男人才能开业看病。据后来的学者说，希罗费罗斯曾论述了脑是神经系统的中心，还描述了眼睛和消化管道的结构，特别是他注意到肝形状的可变性。在研究循环系统时，他看到了动脉和静脉之间的区别：动脉有强有力的搏动的管壁，而静脉的管壁则相对地弱一些。他与当时普遍认为的静脉运输血

① 德尔图良(160? – 220 或 230)：罗马北非基督教教父。
② 奥古斯丁(353 – 430)：罗马帝国基督教神学家，希波的主教。

液、动脉运输空气的观念相反，论述了这两种管道运输的都是血液。虽然他还注意到了在身体健康或患有疾病时，脉搏跳动的情况是不同的，但却没有把这种现象与心脏的跳动联系起来。他曾想利用在亚历山大已经发明的漏壶来计算脉搏的次数。他还分别描述了肌腱和神经各自的特征，而亚里士多德则把这两种组织混在一起，不能区分开。

亚里士多德宣称，心脏是体内最主要的器官，是智力的器官，希罗费罗斯对此表示怀疑。虽然亚里士多德为他的主张提出了十条理由，但是正如希罗费罗斯通过对神经系统的研究所显示的那样，这些理由全都是站不住脚的。希罗费罗斯似乎对神经系统，包括脑和脊椎及神经之间的联系，已经有了一个全面而系统的看法，甚至已经注意到了运动神经和感觉神经之间的区别。

在医学的基本理论和实践上，希罗费罗斯遵循的是希波克拉底的体液病理学的原理。但《希波克拉底全集》却是在亚历山大收集并编辑校订的。比起古代关于体液的概念来，他更喜欢另一种关于有四种官能驱动人体的理论。这四种官能是：位于肝和消化器官内的营养官能；心脏内的加热温暖官能；神经内的具有感觉即知觉的官能和在脑子里具有思维特性的官能。在医疗实践中，他更强调医生自己积极主动的行动，而不是照搬希波克拉底的著作。他比希波克拉底更喜欢用放血疗法并采用一系列复杂的药物。他认为医疗开业者应该熟悉营养学、药物、外科手术和助产术。

埃拉西斯特拉塔 Erasistratus　约公元前 310 – 前 250

埃拉西斯特拉塔扩展了希罗费罗斯的研究范围，他似乎还把古希腊后期的力学应用到医学理论上。据说他曾写过六十二部著作，但都失传了。希罗费罗斯似乎是个非常熟练的解剖学家，而埃拉西斯特拉塔则超出了解剖学的范围，犹如

斯特拉图的一个学生所希望的那样，他进入了生理学并采用实验方法。人们对他的生活知道得非常少，只传说他确诊出自己患了癌这种不治之症后，为了避免这种无情的疾病带来的体力衰竭的痛苦而自杀了。盖仑 Galen 约 130－200 写过两本反对埃拉西斯特拉塔的书，利用一切可能的机会批判他。

埃拉西斯特拉塔抛弃了希波克拉底的医学基本原理，在绝大多数情况下，他遵循的是亚里士多德的教导；据说，他还可能是亚里士多德的侄子。他是一个极有才华的开业医生。虽然他拒绝这样一种观念，即认为一个开业医生必须具有关于身体结构及其正常功能的一般知识，但却相信研究病理解剖学是解决疾病的局部解剖问题的关键。他试图用器官的病理学来代替体液病理学。这就给了他一把新钥匙，便于他更方便地进行更加针对着某些特定问题的解剖研究。然而，一直到十七世纪，体液病理学仍是占统治地位的医学理论。

他的学派的某些实用概念很有价值，特别是他们使用绑带结扎伤口止血的办法更是一大发明。在某些病例中，他非常明智地运用一些简单的治疗方法，并要求病人注意卫生。他的另一理论对病人就不那么有利了。他把所有引起疾病的原因都归于“多血”，即来自没有消化的食物的血液太多了，堵住了元气生命的灵气在大动脉内的循环。局部区域的血液过多就会引起周围组织的损伤，这是由于用来运输血液的静脉中血液太多了，溢出到了用来运输元气的动脉中去的缘故。他认为，用饥饿的办法减少血液的产生，来干扰血液的供应，这样一种方法在医疗上是可行的。除了全身性的饥饿方法外，他还使用一种“局部性”的饥饿方法，即简单地结扎患部所在肢体的近心端。使血液流入身体别的部位，减少患部区域的血液供应，造成“局部的”饥饿，直到患处的“多血”被

消耗光。

尽管当时用肝来占卜已有很长的历史，但埃拉西斯特拉塔对肝及胆管的描述却超过了前人。他继续了希罗费罗斯的研究乳糜管的工作，他的研究成果在以后的一千多年中一直被认为是正确的，直到十七世纪的阿塞利 G. Aselli 1581－1626 才对此作了改进，他是第一个真正精确地描述了心脏包括半月瓣、三尖瓣、二尖瓣构造的科学家。在解剖学研究中，他使用的是梅杰诺 G. Majna 所谓的“古希腊的显微镜”即天才的技艺和丰富的想像的结合。[5] 埃拉西斯特拉塔研究了静脉、动脉和神经在全身的分布，追索着这些组织不断地分支再分支，直到肉眼看不见为止，并且认为尽管肉眼无法见到，这种分支还会继续下去。

也许正是由于他的理论认为一切疾病都由于局部的多血所造成，他就特别注意心脏、静脉和动脉的结构和功能。可惜，他的主要结论却是错误的。就像他的观察一样，错误的理论引导他得出了关于静脉和动脉作用的错误结论。具有讽刺
53 意义的是，好像正是解剖研究为这流行的错误理论提供了静脉内是血、动脉内是气的证据。埃拉西斯特拉塔在心脏研究中的杰出之处在于他丰富的想像力。他把心脏看作是一个水泵，把“膜”(即瓣)则看作是一个单方向的泵中可以活动的阀门。我们可以把这种卓越的见识看作是不同学科之间富于成效的合作关系的一个例子。可以想像，埃拉西斯特拉塔和另一个发明家在博物馆巨大的饭厅里一边吃饭一边谈论各自的研究，这两个不同领域的科学家相互启发，便对人体生理现象作出了机械学的类比。但是这种观念显然不能符合当时普遍流行的关于心脏、静脉与动脉的看法，这种看法认为动脉和静脉是相互之间完全独立的封闭的管道系统，气体和血液通过适当的途径，慢慢地渗到身体的外周部位，并在那里

逐渐消耗完。

埃拉西斯特拉塔部分地摆脱了同时代人的假设，摸索着了解循环系统的真正奥秘。不难看出，他可能已经做过一些简单的实验来检验他的看法。尽管他关于血液流动方向的看法是错误的，但毕竟是他设想出心脏是个泵，并且想像了动脉和静脉之间存在着看不见的联系。为什么不能把满满一注射器这也是在古希腊后期发明的墨水注射到静脉里面，然后观察它是否从动脉中流回来呢?很明显，他已走到了一个具有革命性的新理论的边缘。但是，最终他还是成了当时窒息人的错误概念的受害者。这种错误概念认为，静脉和动脉是两个完全分开的系统，前者起源于肝脏，后者则起源于心脏。由于血液渗漏出来就会造成发炎和疾病，因此很明显，大自然原来就是安排它们分开的。这样动脉和静脉之间的联系就被用于解释病理学现象而不是解释正常的人体生理现象。如果一个动物受了伤，动脉给割破了，里边的空气就会逃逸出来，并且在其后引出一些血来。斯特拉图所教导的“自然憎恶真空”这一理论也被结合进了埃拉西斯特拉塔的生理学。埃拉西斯特拉塔比起希罗费罗斯的观点是倒退了，后者认为动脉和静脉中流的都是血。据传埃拉西斯特拉塔与斯特拉图相互之间都有深刻的影响。于是当这位解剖学家接受了斯特拉图的真空理论，就限制了自己对生理学理论的贡献。

埃拉西斯特拉塔把自己的观察同斯特拉图的生命灵气理论及德谟克利特的原子理论相结合，编制成了一种新的理论。这种理论虽然是富有创造性的，但从根本上来说却是错误的。虽然他把自己称作是“理性主义者”或“唯物主义者”，但却不能抛弃关于生命灵气的学说。按照埃拉西斯特拉塔的观点，身体是由原子组成的，只有得到了外界的热量后，它才

有生命力。生命活动过程依靠血液和灵气。通过呼吸，把外界源源不断供应的灵气吸入体内。在体内，灵气有两种。活力的灵气由动脉运送，它控制生长过程。某些活力的灵气进入脑子就变成了动物性灵气即灵魂的灵气。动物性灵气负责运动和感觉，它是由被描述为中空的神经来传送的。当动物性灵气进入肌肉时，就会引起肌肉的膨胀，结果肌肉缩短，导致运动。这些观念预示了后来十七世纪生理学家们的理论。

埃拉西斯特拉塔受到斯特拉图的实验方法的启发和鼓舞，试图通过定量的和实验的方法来解决“生物学上的问题”。他曾做了一个也许可以被称作是研究“代谢问题”的实验。他把一只鸟放在一个罐状物中，不断地记录它的体重和它的排泄物的重量。他发现在两次喂食之间鸟的体重不断减少。这就使他得出这样的结论：通过生命活动过程，某些肉眼看不见的东西在不断地散失出去。

亚历山大传统的衰落

博物馆为科学和学术活动提供了前所未有的条件和环境，巨大的图书馆则为保存和发展学术成就创造了基本手段。它是贮藏知识的宝库，是精确地复制原文的场所。当时还形成了校勘以及把文字记载尊为过去所赠予的礼物和留给未来的遗产的传统。但是，如此灿烂辉煌的时期，对于历史长河来说，就像沙漠中的绿洲一样，实在是太短暂和稀少了。博物馆最灿烂的时期仅仅只有两百年。以后年代中它们的衰落，虽然大部分原因可以归罪于政治，但是科学家和学者本身，在摧毁这些知识宝库的支柱中，似乎也起了某种作用。

甚至在科学与学术活动蓬勃发展的时期，希罗费罗斯的追随者与埃拉西斯特拉塔的门徒之间的竞争就已经相当激烈了。双方都指责对方的工作、方法、结论，甚至还进行人身

攻击。当亚历山大的环境变得对科学研究不利时，科学家相互指责对方毫无价值是司空见惯的。当然，各自的缺点、错误可能是真实存在的。在医学上，重视纯科学理论的一派和注重临床实践的一派之间的紧张局势始终存在着。这种紧张局势导致了医学从希波克拉底、希罗费罗斯和埃拉西斯特拉塔的高峰跌落下来。批评家们认为医生应该把病人当做人来治疗。从这样一种观点出发，他们指责进行人体解剖和探索疾病本质是毫无意义的消遣，是精神错乱。

后期的托勒密家族既缺乏文化修养又不懂得文明进步的重要。诺登许尔德 Nordenskiold[①]把他们称作是“一批堕落的恶棍，他们像忽略了所有应负的责任一样地忽略了对学术的关注”。[6] 他们似乎专心致志地迫害亚历山大的希腊人。第九个托勒密皇帝，从公元前 146 年统治到公元前 117 年，自称为“大恩人第二”，而亚历山大的希腊人则称之为“罪大恶极的家伙”或“肥胖的大肚子”。历史学家波利比士 Polybius 在这个时期曾访问过亚历山大。他报告说希腊人已经腐败，血统已经混杂。肥胖的大肚子屠杀了许多希腊人，另外还有许多人被流放远地。其他的同时代人的报导也证实了这种令人沮丧的描述。在亚历山大，希腊的和其他外国学者是不受欢迎的，他们于是在希腊境内其他地方开辟了一些新的学术中心。

最后最坏的命运终于落到了亚历山大地区科学家们的头上。他们也受到了迫害，授给物被取消只好到陌生的地方，改做教师勉强糊口。只有那些有实用价值的科学领域仍受到重视。在恺撒征服了埃及后，亚历山大沦落成罗马帝国的一个外省城镇，宏伟的博物馆和图书馆则几乎完全被毁坏了。

① 诺登许尔德(1877－1928)：瑞典人种学家。

二　罗马世界

古希腊后期的主要成就之一是希腊的文化广泛传布到被它占领的一切地区。希腊在文学、艺术和科学、哲学、历史、宗教、政治、军事上的成就不再为雅典人或亚历山大人所特有了。当后期的托勒密王朝清洗和剥夺巨大的博物馆中持不同意见的学者和科学家时，政治权力平衡的重心就不可避免地移向了西方。

开始的几个托勒密统治者在埃及建立希腊人统治时，不太引人注目的罗马人已经开始了征服并统一意大利半岛的事业。罗马人像希腊人一样，具有已进入铁器时代文明的优势。意大利从旧石器时代开始直到铁器时代，接二连三地遭受着外国侵略者的入侵和殖民统治。在公元前 279 年，伊壁鲁斯的皮洛士 Pyrrhus of Epirus 勉强地打败了罗马人，而到了公元前 275 年，仅仅过了四年，罗马人就打败了这个梦想成为西方的亚历山大大帝的皮洛士。公元前二世纪，罗马人征服了亚历山大在马其顿和叙利亚的继承者。不久，罗马人又把小亚细亚和大陆上的希腊城市并入了他们的版图。待到奥古斯都在位时，埃及也归属于罗马帝国了。

在新的时期，政权是属于罗马人的，但文化却是希腊文化和罗马文化的集锦。比起雅典人来，罗马人更像斯巴达人一些，但是他们也确实意识到应从更先进的希腊文明中吸取对他们有用的东西。当时，所有渴望学习文化的罗马人必须学习希腊文；而所有希腊学者，为了能够在新的国家里生存下来，也必须学习拉丁文。其结果是产生了文化上的杂交。这种融合后的文化比起其希腊祖先来，尽管独创性较差一点，却更加丰富多彩，更加生气勃勃。

虽然罗马人注意到了有实用价值的事业，如战争、医学、卫生学、农业、管理、统治机构等，但是对于作为科学事业的生物学和医学来说，他们的贡献却很有限。在学术和科学上，罗马人利用并推广了希腊的文化。由于罗马人全神贯注于建立帝国，所以，实际事务比纯科学、纯学术问题更重要。他们 56
尊敬的是士兵，而不是哲学家。事实上，有些罗马人是强烈地反对着希腊文化的影响。然而到公元前一世纪时，罗马人已经适应了这种吸收同化作用，只是罗马的贵族们仍然热衷于演说才能和战争艺术，对科学探索则不感兴趣。他们拒绝过希腊贵族的精神生活，认为这种生活基本上是一种“优美雅致的懒惰”。如果罗马上流社会的成员想要受些科学教育，他们可以到奴隶市场去买一个希腊籍的家庭教师，其价钱可能比买一个好的厨师还要便宜。

罗马也确实产生了一些对收集和纪录各种各样的知识感兴趣的人，他们不管这些事情与他们本人原来的研究是否有关，如卢克莱修 Lucretius、普林尼 Pliny、赛尔苏斯和底奥斯可里底斯 Dioscorides[①]。对于某些罗马学者来说，他们这样做的动机是为了显示在某些特定的领域中，罗马人可以比希腊人更高明。正是这种动力促使罗马的监察官加图 Cato the Ceusor 公元前 234－149 写了关于医学和农业的书。但是对后来的读者来说，很显然，他的书中错误百出，因为他的“医学”充满了早就被希波克拉底派医生们废弃不用的符咒处方。甚至他的草药疗法也与迷信的巫术搀杂在一起。但是这并不妨碍加图，因为他自夸说，在罗马用不着医生人们也很健康。

希腊—罗马阶段的一个缺点是没有把实践和理论结合起来。例如，即使罗马人已经认识到了希腊医学的价值，但他

① 底奥斯可里底斯：罗马皇帝尼禄军队中的军医、植物学家，著有《药剂学》。

们仍然拒绝把人体解剖的实践作为基础的医学训练之一。罗马的著作家不是像卢克莱修那样明显地倾向于理论，就是像普林尼那样彻底地倒向经验。

卢克莱修 Lucretius　公元前 96? – 前 55?

卢克莱修在其名著《物性论》中，成功地继承并充分地阐述了德谟克利特的原子理论。虽然基督教非难他的唯物主义观点，但在文艺复兴时期，他的著作却受到极大的尊敬。他与亚里士多德不同，他并不相信世界是尽善尽美的上帝创造物，他认为世界既不是有限的，也不是永恒不变的。他认为地球注定要发生变化，最后必将灭亡。他像苏格拉底以前的学者一样，对宇宙和生物体提出了一种自然主义的解释。卢克莱修认为，即使是像灵魂和人们做梦这类问题，也可以用原子的活动来解释。而其它解释则是迷信的遗俗，这对于具有智慧的人类来说毫无用处。

为了理解卢克莱修工作的重要性，必须回顾当时各种宗教和哲学学派之间的争论。当时在罗马人中，这些学派都认为由于自己在哲学上的深奥微妙而应该占据首位。卢克莱修则像伊壁鸠鲁 Epicurus 公元前 342? – 前 270 一样，应用了原子
57 论者的基本原理来反对宗教和迷信。两者都没有一个是把主要的兴趣放在关于自然哲学的纯粹科学的解释上的。虽然伊壁鸠鲁主义者也推行应该信神的说教，但是他们关于自然和社会的概念，却尽可能是自然主义的。他们认为神只在指导人体内的精神生活时才有些作用；在自然界、在人类文明的发展以及决定战争胜负的命运上并不存在着超自然的力量。

作为伊壁鸠鲁的追随者，卢克莱修认识到人类遭受着许多恐惧心理的折磨，而其中迷信造成的恐惧却是为政治家们深思熟虑地推行愚民政策所必需的。《论自然》就是这样一本

精心制作的书，书中既有关于政治方面的阐述，同时又保存了许多古希腊的科学成就。卢克莱修告诉他的读者，他的著作将会使他们免受官方宗教神话的危害。他承认要真正地掌握自然哲学是件困难的事情，但是，它将有利于消除迷信的恐惧心理。

他对人类文明的起源和发展的论述很好地说明了他的自然主义观点。卢克莱修告诉人们，在地球上是先有植物，后有动物的。在动物中，先产生的是从蛋中孵化出来的鸟，而从子宫中生出来的兽是后来形成的。开初时，地球能够使得她的孩子们有吃有穿，并且使得气候也对它们有利。随着地球年龄的增加，她的力量就逐渐地减弱了。各种生物只得靠着自己的生殖能力生儿育女传种接代。在这个转变过程中，她以前产生的畸形怪物，由于不能获得食物，或者不善于保护自己，或者不能繁殖后代，就必然归于绝种。人类像其它的动物一样，也是自然的产物。最初他也是一个简单的但强健而寿命较长的食物采集者。当人类能够控制和使用火时，文明就开始了。如果人类的发展基本上是一个自然的过程，那么在现在的社会中，宗教和迷信为什么能占据这样显著的地位呢？这些有害的东西能够广为流传是因为人们还缺乏一种真正的自然哲学，还生活在使人备受折磨的混乱概念之中。

从根本上来说卢克莱修是个悲观主义者，他赞成一种回到更简单的生活模式中去的思想，并且他也看不到技术发展的前途。他认为文明会不可避免地衰落下去。他责备罗马的宗教。甚至连西塞罗 Cicero[①] 公元前 106－前 43 在他的《论占卜》一书中，也痛斥了罗马那充满宗教气氛的社会环境。罗马人的习惯是凡事都要请示神的意志，而神则通过预言术、动

① 西塞罗（公元前 106－前 43）：罗马文学家、政治家、法律学家。

物占卜术、占星术和其它的古老方法来回答人们的问题。西塞罗在别处对所建立的有益的慈善机构是采取保护态度的。但在这个问题上他说他愿把所有的迷信撕得粉碎而为国家效劳。当然卢克莱修像西塞罗一样，他知道在罗马的政治生活中，宗教正为着许多实际目的服务。罗马共和国的领袖们为了他们自己的目的，正如表明自己虔敬行为一样来利用"神的旨意"。对神的"启示"则根据政治目的加以解释。马克西谟上 Q. F. Maximus 明确地宣布："凡是为共和国的利益服务的事情，都会获得吉祥的神示；凡是反对公众利益的事情，必然得到不祥的神示"。[7] 甚至在编制历书时，也利用
58 宗教迷信为政治服务。由于在喜庆节日或凶日禁止进行政治活动，因此对历书就进行经常性的篡改，以防止不希望的法规生效。

斯多噶 Stoics 派哲学比伊壁鸠鲁哲学更能适合罗马文化。斯多噶派认为自然界中所有的物体都是有生命并会生长的。每个物体都由"种子"发展起来，而在种子内部就已经包含着决定将来成熟个体特征的"形式"或计划，这个计划就是灵魂或灵气，它是由宇宙中普遍存在的宇宙灵气赋予其生命并维持其活动的。

老普林尼 Pliny the Elder　公元 23 - 79

普林尼是罗马最有名的博物学家。他和瓦罗[①] Varro、赛尔苏斯一起，成了罗马时代所产生的三个伟大的百科全书作家。普林尼的主要贡献是《自然史》。这部著作在中世纪时，被认为是已有的关于自然界一切知识的宝库。这部著作共有三十七卷之多，内容包括所有的自然科学和人类的技艺技术。在这部著作中，他广征博引了大量事实和观察的结果，这些

① 瓦罗（公元前 116 - 前 27）：罗马著作家，编纂百科全书《学科》。

都是从两千多种前人的著作中搜集来的。在这些著作的作者中，有 146 个罗马人，326 个希腊人。对这位作者及其庞大著作的评价褒贬不一，迥然不同。有绝对的崇拜，也有直率的嘲笑，当然也有温和的赞成。

普林尼的一生像他的著作一样，很值得考察。因为它提供了他的那个时代的精神，这种精神是从一个罗马公民的经历这种真实典型中提炼出来的。他出生于意大利北部的诺纹科莫恩现在叫科莫，从小生活在古罗马帝国鼎盛时期的一个官吏家庭。参军以前从事法律工作。如果说旅行可以给人以教育的话，普林尼就是从旅行中受到了良好的教育。他曾广泛地到德国、高卢、西班牙和非洲旅行。从他在部队的时候起，他就和维斯帕西安 Vespasian[①]及其继承人泰特斯 Titus[②]很要好，因此普林尼还担任了很多官方职务。

好奇心和高效率似乎已经成了他个人的天性。他从不浪费任何一分钟可用于读书写字的时间。为了在旅行时也能进行工作，他总是坐四轮马车，从不骑马。传说他甚至在洗澡时，还要秘书在一旁念书给他听。正是他的好奇心使他献出了生命。公元 79 年，维苏威火山大爆发，摧毁了庞贝城和赫尔库拉内姆城。在当时这种情况下，普林尼还坚持亲身研究这种可怕的现象。按照他侄子的说法，他患有先天的肺部衰弱症。在观察时，普林尼被火山喷出的浓烟毒雾熏倒，没有受到一点外伤就去世了。

普林尼的侄子把他的《自然史》说成是一部“以内容多样、学识广博为显著特点的著作。其内容变化之多并不亚于自然界本身。”[8] 到十六世纪时，新的动物学著作已经出版了，但普林尼的书仍然是自然史研究的最好源泉。甚至到了十八

① 维斯帕西安：罗马皇帝，公元 69－79 年在位。

② 泰特斯：罗马皇帝，公元 79－81 年在位。

世纪，法国博物学家布丰 Buffon 还对他极其钦佩。直到十九
59 世纪才开始出现对普林尼著作的真正批判。在书中，他经常记录一些他不忍略去的稀奇古怪的故事，但是他也注明了这些是别人的观点。很明显，在汇编那本杰出的百科全书时，他对收集各种思想和事实的资料有很大的热情，而对各种资料进行批判性的判断则注意得不够。他强调罗马人的观点，即任何知识和科学，不管是可以直接应用的，还是可以间接地用于道德说教的，都对人类有用。这种被认为具有人的特点的目的论使得这本书为中世纪的基督教会所接受。

有迹象表明，在这样极其丰富多样的思想和事例背后，有一个写作计划。第一卷书是最后写的，内容包括：给皇帝泰特斯的献辞，一篇总序，内容目录及一张被引用书籍的作者名单。第二卷讨论了天和地。第三卷到第六卷是关于地理学和人种史。后面几卷讨论的是我们称之为自然史的内容，都是一些关于各种兽类、鱼类、昆虫类和鸟类的记事。第十二卷到第十九卷论述植物学及其应用。植物学部分相当庞大，内容很多，包括林业、农业和园艺业。他还介绍了如何利用植物材料制造有用的产品如酒、油的方法。第二十卷到第二十七卷牵涉的内容是植物在医学上的应用。普林尼写道：自然界是如此的慷慨大方，甚至“连真正的不毛之地也天生是一个药房。”[9] 叙述了动物在医学上的用途以后，他还讨论了矿物质的应用。

当普林尼讲到葡萄园时，他就告诉人们修剪的方法，葡萄酒的用途。例如，可作为贡品。他还讲到在非常遥远的过去，罗马是不准妇女饮酒的。有一个妇女就是因为饮酒被丈夫乱棒打死的，而罗默勒斯 Romulus 却判这个杀人犯无罪。这就是普林尼说明问题的方法。在别的作者认为是节外生枝的地方，他却可以用这样一种方法对任何一个问题发表自己

的看法。在他的著作中，没有任何一件事可被称作是离题的——整本书都是如此。

普林尼关于某些控制害虫的方法的介绍，是宗教神话、民间传说和“化学方法”[10]的混合物。瓦罗和普林尼都注意到，把栎树棍子插在肥堆上可以防止蛇在里面繁殖。普林尼说用绿蜥蜴的胆擦树的顶端，可以保护树木不受毛虫的损坏。如果这个方法不起作用的话，把一种小龙虾或一只母马或驴子的头颅吊在园子中的柱子上，这样也会驱走害虫。把月桂树的枝条堆在麦田周围可以防止麦子生霉病，这种方法会把霉病从谷物上驱走。如果在晚上拿着一只蟾蜍围着田地转，然后把它装入罐中、埋在地里，这样就会防止谷物得病，并且还可以驱走麻雀和害虫。但是，普林尼警告农民，在播种前要把这个罐挖出来，否则土壤会变酸。但是，普林尼介绍的防治害虫的方法并非都是这样的无稽之谈。有的方法，例如用酒浸种可以防止某些真菌病害，便具有实用价值。

普林尼对动物世界的描述，是从人类开始的。他强调了似乎其它所有的动物都是大自然为了人类而产生的。在他所描写的人类中，包括那些被后人认为是“奇异人”的怪物。这些奇怪人种的故事以及关于“不可思议的”和“奇形怪状的”人的描述，并非起源于普林尼，只不过是他从前人那儿收集来的罢了。在这些怪人中，包括只有一只眼睛的阿里马斯比 Arimaspi，有腿向后长的阿白里蒙 Abarimon，有半男半女的安得罗格尼 Androgyni，还有其他的许多怪人。虽然他对最离奇的故事也没有把它们归入骗人的胡说一类，但是对有些故事作了注解。例如，据说有人活了八百年，他认为这可能是误解，或者是由于计算方法不同所造成。

他在对动物的描述中，看不出有什么特别的等级。他描述了独角兽 unicorn 和长生鸟 phoenix；也以学者的公正态度

描述了狮子和大象。总的来说，他把最大的和最引人注目的动物放在首位。这样，象就成了陆地上最大的也是最聪明的动物。它甚至还具有诚实、智慧、公正等德行，以及虔诚地尊敬星球、崇拜太阳和月亮的感情。普林尼还能够详细地描写那些想像出来的动物。例如，在他看来，独角兽是一种非常凶猛的野兽，它长着像牡鹿的头，大象的腿，野猪的尾巴，身体的其余部分与马相似。这种动物"吼声低沉，前额中央长着一只三英尺长的黑角。他们说要活捉这样的动物是不可能的"。[11](我们还可以加上一句：要搞到一头死的也同样办不到。)在描述普通的和家养的动物时，普林尼叙述得相当准确。文艺复兴时代，科学家们恢复了动物学的研究，他们接着普林尼的工作继续做下去，直到十八世纪，他们仍然使用着普林尼的方法。

普林尼对他所看到的文化衰退感到担忧。罗马人虽然建立了财富充盈、资源丰富的庞大帝国，但是其科学的发展却似乎丧失了一切动力。普林尼仔细考虑了这样一种自相矛盾的情况：在希腊时期，许多国家间战火连绵不断，旅行变得非常危险，科学研究事业却得到了蓬勃发展；而在罗马时期，虽然建立了秩序与和平，旅行也安全了，获得书籍和从事科学与文化工作的条件比以前任何时期都要好，但科学却明显地停滞不前了。他得出的结论是：这一切都是由于他的同时代人只关心自身的安全和财富造成的。在他看来，科学的衰落只不过是整个罗马世界的弊病的一小部分。

古希腊—罗马世界的植物学和医学

亚历山大的博物馆衰落以后，在小亚细亚的大陆上，生物学和医学只取得了一些次要的成就。由于罗马人认识到这些领域的实用价值，因此这些成就受到了重视并被保存下

来。例如，曾做过彭都司[1]国王御医的克拉居阿斯 Crateuas 公元前 120 - 前 63 就被认为是第一个描绘了植物形态图的人。当然，他的兴趣主要是搜集各种各样植物并按照植物所具有的医药用途进行分类。图画增加了他对植物描述工作的价值。底奥斯可里底斯 Dioscorides 全盛时期约公元 60 - 77 继承并发展了克拉居阿斯所开创的工作。他记录了当时社会存在的，即罗马的医学事业通常由希腊的医生和学者所进行的普遍现象。事实上，希腊医生在公元前 46 年由恺撒批准，已能在罗马定居并获得了罗马的公民资格。关于底奥斯可里底斯一生的详细情况不太清楚，他似乎在塔塞斯城和亚历山大城学习过。后来加入罗马军队，当过军医，并在尼禄 Nero 皇帝[2]手下的亚洲部队中服役。这使他有机会广泛地旅行，研究草药的治疗价值。他最有名的草药书是《论药材》。

这本著作的后期版本改变了底奥斯可里底斯采用的排列顺序，代之以按字母排列。他在书中提到了五百多种植物，其中 130 种是希波克拉底曾经记载过的。对每一种植物，他都详细地描述了它的来源及产地，更重要的是记录了药的制作方法及其在医学上的用途。

赛尔苏斯 Celsus 全盛时期公元 14 - 37

关于赛尔苏斯的一生几乎不为人所知。人们对他与他的有名著作《药物论》的确切关系也有争议。[12] 阿尔巴特 C. Allbutt 爵士[3]曾称他是科学拉丁文的创造者。但历史学家对到底是他自己写了这本书，还是他抄袭了古代最伟大的医学书之一，有不同的看法。他到底是否是个医生也不能确定。如果是的，他又不像是一个开业医生。罗马的医学传统是

① 彭都司：位于小亚细亚的古国。
② 尼禄：罗马皇帝，公元 54 - 68 年在位。
③ 阿尔巴特(1836 - 1925)：英国医生，研究医学史。

根据“自助”原则的，也就是说在罗马社会中有这样一种制度，各个领地中的人生了病，由该领地的领主负责。通常在每个特定的领地中，有一些妇女或技术熟练的奴隶担任私人的医疗者。贵族自己虽然不会去做医疗者那令人不快的奴仆工作，但是为了监督医疗实践，他们迫切地想掌握足够的医学知识，这一点却是可能的。

据说赛尔苏斯曾经写了许多关于修辞学、哲学、法学、军事、艺术、农业和医学方面的书，这使他成为罗马杰出的百科全书作家之一。但是，除了医学部分的著作留传下来外，其它
62 部分都已散失。由于他的写作使用拉丁语，而在那个时候，拉丁语的地位较低，不像希腊语是医学和学术界的正式语言，因此他被当时的医学“既成体系”所忽视了，这种情况持续了有十三个世纪之久。直到 1426 - 1427 年，人们才发现并重新复制了他的两册书。时机真是再凑巧不过了，《药物论》一被发现，立即成了用新的印刷技术出版的第一本书。赛尔苏斯的著作对文艺复兴时代的学者来说，是非常纯净的拉丁语的源泉。由于这部书保存了公元一世纪的语言和医学基本原理，《药物论》直到大约一个世纪以前，都作为医学界的典范。

关于赛尔苏斯和这本书的关系，众说纷纭。有人认为他仅仅是个汇编者，但是这部著作的质量和批判的精辟程度似乎驳斥了这种估计。另外有人猜想这部著作仅仅是从一本罗马时代的希腊原著中翻译过来的。还有人认为赛尔苏斯在写作他自己的书时，只参考了一本原著；而其他的人则认为他接触了古代所有的、包括许多现在已经失传的医学著作。那些与他同时代的罗马作者们则认为赛尔苏斯只不过是一个具有中等才能的人。

《药物论》包括一篇导言和八卷正文。导言提到了八十位

作者，这是一篇非常有价值的古代医学史。作者对当时墨守教条者与经验主义者之间的对抗采取不偏不倚的态度。他排斥研究医学科学中的不可改变的方法。

在这本书中，有关于营养学即食物对身体的作用的内容。还记载了某些带有权威性的医学措施，如放血、催泻、呕吐、推拿按摩和饥饿疗法等所可能具有的危险性。作者认为虽然这些措施都是有益的，但他还是提出，只有在对特殊的病人进行仔细考虑后，才能有节制地使用这些方法。作者在书中对发烧、精神病、肺结核、黄疸病、瘫痪及其它疾病都作了有益的论述，并对风湿病人和痛风病人的饮食提出了十分详细的建议。作者还认为，"急性病"的定义是"或者迅速使人死亡，或者迅速痊愈"。[13] 书中列出的大部分药都是从植物中提取出来的，也有小部分是利用动物原料所制成。

赛尔苏斯在书中强调解剖学对医疗实践的重要性。他知道动脉中流动的是具有压力的血液而不是空气。一个缺乏经验的医生在进行静脉放血术时，很可能造成病人的危险，因为静脉离动脉与神经很近。书中对外科手术的描写特别有价值，这表明了自希波克拉底以来，在这方面已经取得了相当大的进步。在记叙一些很困难的手术如剔除箭头、切除甲状腺肿、疝气、白内障和截肢等手术时，他清楚地描述了当时一些可用的医疗器械。赛尔苏斯还指出了发炎的四个主要特征是：发热、发红、发肿和疼痛热、红、肿、痛。

塞尔苏斯还谴责希罗费罗斯和埃拉西斯特拉塔用活人来进行实验，他是记载他们用犯人进行活体解剖的主要见证人。但是赛尔苏斯并不完全反对用活人进行实验，他认为意外发生的外伤事故已足够经常地暴露出人体的内部器官。这种情况应该加以利用。医生在维护人类健康的事业中，应该"在行善的过程中"把这种事故当作学习"进行仁慈事业所必

需的知识"的机会，而这种机会别人"不通过极其残忍的手段是得不到的。"[14]

赛尔苏斯的著作中，被保存下来的虽然只有医学方面的内容，但我们知道他打算论述其它几门实用的学科：农业、修辞学和战争艺术。这样，他实际研究的就有两个部分是涉及到人的物质生活的，两个部分是涉及公民的社会生活的。

珀加孟的盖仑 Galen of Pergamon 约公元 130－200

盖仑是古代最后一个伟大的医学著作家。他的死亡标志着希腊医学富有创造性时期的结束。他是一个奇怪的过渡性人物：对他那个时代充满神秘气氛的环境来说，他是相当地科学化了；而对于后代的科学家来说，他又显得十分神秘。在他身上兼有科学家、实验家、哲学家和神学家的特征。在医学界，他是仅次于希波克拉底的第二个权威。

由于盖仑的写作风格实在使人厌烦，现在很少有人读他的著作。这位自负的天才留下各种内容的著作有一百多本。在十二岁时，他就写了三本书。他的文章长得出奇，例如他对希波克拉底著作的评注竟比原文还长。他写作论述的学科很多，充分显示了他具有惊人的精力，并且也说明他对当时流行的所有科学、医学、哲学和宗教思潮都有广泛的兴趣。仅仅现在出版的完整的著作就有二十大卷。据说完成这些书的出版工作便花了整整十二年的时间，要读完这些著作差不多也要花这么多的时间库恩的德文版 1821－1833。

盖仑生于珀加孟。这个地方位于小亚细亚爱琴海边，面对着累斯博斯岛。这座城市以具有阿斯克勒庇俄斯的一座图书馆和一座神庙而自豪。这些建筑使得珀加孟在文化上可以与亚历山大城相媲美。亚历山大的托勒密王朝为了阻止珀加孟文化事业的发展，禁止向它出口纸莎草纸。为了对付这种威胁，珀加孟的羊皮纸就发展起来了。而且，像我们现在所知

道的，这种书本终于代替了过去的纸莎草纸的书卷。这座城市还是强烈的基督教福音传道的所在地。

盖仑还记得他的父亲尼孔 Nikon 是个仁慈的建筑师。但把他的母亲却描写成是个爱争吵的妇女，她是这样的凶狠，以致在脾气爆发时竟会咬她的仆人。尼孔曾梦见有人告诉他，说他的儿子命定会成为一个医生。盖仑早年曾拜当地的柏拉图派学者做老师，学习了伊壁鸠鲁派、斯多噶派、亚里士多德派及德奥弗拉斯特派的学说。十七岁时他给一个精通解剖的医生当学生。尼孔死时盖仑才二十岁，从这时起，他就开始了旅行生活以追求医学知识。他到过很多地方，包括希腊、巴勒斯坦、腓尼基、塞浦路斯、克利特岛和亚历山大城。

在某种程度上，科学的探索精神使希罗费罗斯和埃拉西斯特拉塔充满了生气，并给亚历山大城留下了深远的影响。但是在罗马人统治的时期，人体解剖是严格禁止的。因此盖仑只能通过解剖猪、山羊、猴子和猿类来学习解剖学。他不多加考虑地就把他在动物身上得到的知识应用到人的身上。在三十岁那年，他回到珀加孟，恰好赶上了夏季的节日集会。这次选择的机会极为适当，因为当地没有一个称职的医生可以为角斗士们治伤。盖仑在治疗这些角斗士时获得了巨大的成功。他不仅在阿斯克勒庇俄斯神庙中找到了工作，还为许多私人看病，并且获得了为角斗士们治疗的正式职业。不久，他又不满足于待在珀加孟了。公元 162 年，他决定到帝国的京城去试一下自己的技艺，这一次又有幸获得一个施展自己技艺的机会。

在罗马，盖仑很快地也享受到了他在珀加孟已习以为常的他人的谄媚奉承。一个非常有名的哲学家患了疟疾，罗马的许多医生都治不好，但是盖仑治愈了他。于是，盖仑很快地就受到了人们的尊敬，把他当作一个奇迹的创造者。接着他

又治好了恺撒的一名主要行政长官妻子的病，从而得到了这位长官的赞助和庇护。这位保护者和他一样，也对解剖学非常感兴趣。四年后，正当他的事业蓬勃兴旺，并且也得到大量报酬时，他却突然启程回珀加孟了。关于回家的原因，他说是因为受到当地许多手艺较差的医生的敌视，不得不回家。然而，值得注意的是，他离开罗马的时候与当地烈性传染病的爆发时期恰恰一致。这种传染病可能是天花或斑疹伤寒。

不久以后，盖仑在奥里略 M. Aurelius [1]皇帝的邀请下，永久定居于罗马。皇帝称他是最优秀的医生和哲学家。他成了奥里略皇帝的御医，还为后来接任的三个皇帝服务过。在所有这些奇遇中，盖仑一直忙于医疗实践、解剖研究、演讲上课、学术论战等活动中。他还忙着写作各种专题论述。他声称自己写了 256 本书，其中有 131 本是关于医学的（仅有 83 本幸存下来）。这些书的内容包括哲学、数学、语法、法律、解剖学、生理学、脉搏、卫生学、营养学、病理学、治疗学和药学，对希波克拉底的评论以及自传材料。他的著作反映了他的学术成就，也反映了他敏锐的观察力和实验能力。

我们现在可以知道这么多关于盖仑的情况，是因为他自己就是那些非常清楚他所被授予的地位的宣传者之一。他既担心自己的著作会被粗心的复抄者所误传，又担心少数蹩脚的著作者把他们那些低级的东西冒充为他的著作。因此盖仑给细心的读者们提供了一本指导手册叫做《关于他自己的书》。这本手册列出了一份他自己的著作的目录，并作了说明。

65 盖仑虽然禁止进行正规的人体解剖，不过他对自己研究成果的可靠性是很放心的。他解剖了许多动物，但认为对于医学解剖来说，猿类在解剖上与人最相近。他虽然从来没有

① 马可·奥里略，公元 121－180，公元 161－180 在位；罗马皇帝，哲学家，斯多噶派，我国史籍称安敦王。

机会系统地解剖人体，然而他利用了许多偶然的机会了解这方面的情况。在《论骨骼》一书中，他曾谈到当坟墓或历史遗迹被弄开时，他常有机会观察人的骨骼。他带着病态似的热情描述过一件事。一次，洪水把一具尸体从坟墓中冲出。它顺着溪水下来沉在河滩上。尸体的肉烂光了，但骨髓仍然完整地相互连接着。这样，这具尸体就"好像是医生为他的学生上课准备好的标本一样，便于让人们进行观看"。另一个例子是，一个强盗的尸体被扔在离路边不远的田野上，没有一个人愿意埋葬这个恶棍，结果鸟吃完了他身上的肉。仅仅过了两天，这尸体就已经"准备好让任何一个愿意欣赏解剖演示的人参观了"。[15]

盖仑告诉他的读者，要了解人体的秘密，唯一的道路是研究伟大医生的例如他自己和希波克拉底著作，以及通过实际的体验。医生必须首先认真地学习哲学，以便了解人的身体在健康或疾病情况下的本质。他特别赞扬希波克拉底，认为他的话应该当作神的启示而牢记。但是，只是读书还很不够。他写道："不仅要研究希波克拉底的拥护者和反对者的观点，而且要直接观察自然，观察动物，通过对自然状态下真实情况的研究，才能判定他的学说是否真实，是否正确。"[16]在关于人和宇宙的哲学观念上，与柏拉图和亚里士多德一样，他也认为是神创造了世间万物。关于身体结构及其功能的观点，他完全是个目的论者，在人体结构的任何一部分中，他都可以发现用来证明上帝的力量和智慧的证据，任何事物都显示出它是上帝设计的。

盖仑在他的长篇演说中激烈地反对自然主义者，因为这些自然主义者否认人体的结构安排及其完善性是上帝的杰作。他特别向那些主张唯物主义、无神论、原子论的人们大发脾气。尽管他是所有时代中最伟大的解剖学家、观察家和实

验家之一，但在他对原子论者的谴责中却充满了他那个时代神秘的宗教精神。他显然是相信占星术和治病救人的巫术。他曾自命不凡地宣布过治疗之神——阿斯克勒庇俄斯——曾在梦中会见过他。对他来说，身体是灵魂的工具。这种观点使得这个异教的哲学家的观点可以为基督教会所接受。

盖仑是一个技艺精湛、观察敏锐的解剖学家。他的著作非常适合于学生使用，学生不仅从字面上而且可以从精神实质上学习他所教导的内容。他的解剖学工作在《论解剖过程》和《论身体各部器官的功能》两书中得到了完整的阐述。盖仑在解剖学工作上的重要性是不能低估的。他的成就达到了古希腊医学研究的顶峰。中世纪，盖仑的话在医学和生物学问题上有最高的权威。他的解剖学研究，直到十六世纪才受到别人的挑战；而他的生理学概念，到十七世纪以前一直保持着实质上不受人怀疑的地位。

盖仑的解剖学有着明显的缺点，即他研究的对象是动物而不是人本身。由于他那个时代的限制，他难以避免这点不足。当然，尽管他没有掩盖这个事实，但是却没有把它看作是一个严重的问题。正如赛尔苏斯所提议的，他本来是应该利用伤口作为深入研究人体内部器官的窗子，这样便可学到许多东西。我们很容易想像，在作为他第一批病人的角斗士们可怕的伤口上，他所能得到的是一种什么样的乐趣。

盖仑不满足于纯粹的解剖学描述，他还想进一步把研究范围从人体的结构发展到器官的功能，从纯粹的解剖学发展到实验性的生理学。虽然他曾受过亚里士多德派的教育，但却丝毫不赞成同时代的亚里士多德派宁愿争论而不愿解剖的态度。在把医学研究从解剖学发展到生理学的过程中，盖仑希望能够把希波克拉底的医术转变成医学。在建立以实验为基础的生理学时，盖仑是一个既没有竞争对手但也没有先

驱榜样的拓荒者。盖仑的著作由于数量太多，写作的风格又总是使人厌烦得不愿读下去，因此还没有受到完全的研究。这样，人们就过分地强调了他著作中引起十六世纪解剖学家们起来造反的那些错误部分。但无论是他对学术的贡献还是他的缺点错误，都曾在医学、解剖学和生理学的历史上产生过如此巨大的影响；因此，对他著作中的这两个方面都应平衡地给予评价，这一点是很重要的。

盖仑关于循环系统的工作可以作为一个例子。但在这方面的工作是混乱的生理学与正确的实验演示相结合的奇怪混和物。在研究血管系统的某些方面，他的工作没有埃拉西斯特拉塔精确。但盖仑轻易地否定了在活体动脉内只有空气的说法。这充分地显示了盖仑在进行简单而直接的实验时的巧妙。他在活的动物身上暴露相当长的一段动脉，分别在动脉两端用线扎住。然后，当结扎的两端之间切开动脉时，便可以看见喷出来的是血液而不是空气。由于血液不可能通过结扎的两端到达中间，因此，在动脉被切开以前，里面存在的必定是血液。

然而，盖仑关于血管系统的论述中，也有一些错误。其中最主要的是他假设了肝脏是静脉源泉的说法，并且教条主义地断言心脏的中隔是有穿孔的，这些错误是他关于空气、灵气和血液分布的错误理论的组成部分。由于盖仑的理论要求血液必须是从右心室流到左心室的，而他又知道在心脏的中隔上密布着坑坑洼洼，因此他就假设这些小的坑凹必然是用来让血液从心脏的右边流到心脏的左边去的。对盖仑来说，心脏本身就是个令人困惑难解的谜。他否认心脏是块肌肉，因为它与其它的肌肉不同，它非常坚韧而且从不停止跳动。实验证明把心脏从动物体内取出以后，它仍能继续跳动。这就很好地证明了心脏的跳动是独立于神经刺激之外的。

由于盖仑把心房看作是由较大的静脉扩张而成，没有什么重要作用，因此他认为心脏是由两个腔——心室所组成。心脏的作用在于通过在心脏里面进行的缓慢燃烧而不断地产生"内热"。然而他卓有成效地论述了心脏的瓣膜以及血液如何通过动脉分布到全身各处。他甚至还注意到，当暗红色的静脉血在肺中加入空气后，颜色就变得鲜红的事实。但是他却发现在肺静脉中没有血液，因此他得出的结论同遭到很多人诬蔑的埃拉西斯特拉塔的结论相一致，即肺静脉只输送空气。盖仑在研究这个系统时，技术问题，例如缺乏注射器械等明显地增加了他的困难。他关于生理过程的总的概念也导致了他的错误。

盖仑生理学的基础是这样一种学说：生命过程被分成三个层次，分别由植物性灵魂、动物性灵魂和理性的灵魂来控制，而生命最终是靠作为宇宙呼吸的"元气"即空气维持的。盖仑把他的解剖学知识、生理学知识与这种哲学系统结合起来，把人体看成了精心制作和分配元气的三种适应性的改变物的场所。这些改变物又分别与体内的三个主要器官：肝脏、心脏和脑，三种类型的管道：静脉、动脉与神经相联系。在本质上，元气被肝改造成"自然的灵气"，它能引起生长。控制运动的"活力的灵气"是在心脏中形成的。适应于思想活动的第三种改变物"动物性灵气"是在脑子里发生的。这样，盖仑就精巧地使他所知道的解剖学知识与他所信奉的哲学原理相符合。要得出这三种"灵气"是如何精心制作出来又怎样在全身合理分布的结论，需要进行某些有独创性的研究，还要对身体各器官的功能作大量推测性的思索。

按照盖仑的说法，血液由消化了的食物不断地合成出来。食物的有用部分变成的"乳糜"，从肠经过肝门静脉进入肝脏。肝脏具有把乳糜转变成暗色的静脉血的功能。肝是与

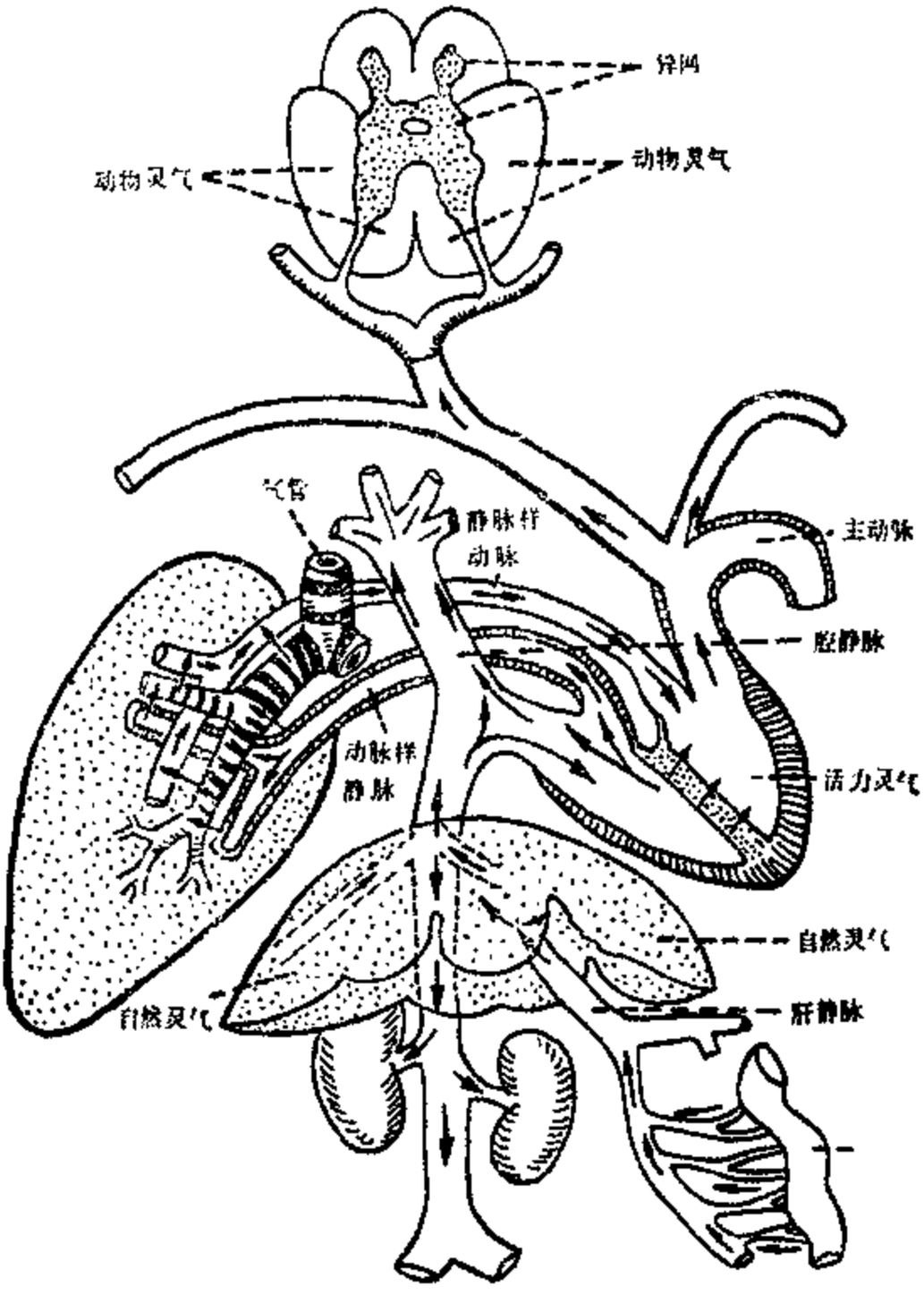


图 3－1　表示盖仑关于血液和灵气分布理论的略图

营养和生长有关的植物性生命场所，它充满了带有自然的灵气的血液。食物中无用的部分在脾脏中变成胆汁。血液带着自然的灵气和营养物质从肝脏出发，沿着静脉系统分布到全身。他认为心脏的右边是静脉系统的主要分支。血液从心脏的右边出来后进入不同的分支。部分血液通过动脉样的静脉肺动脉向肺里排出“烟气”，这些烟气就被呼出体外。部分血液通过盖仑想像中的中隔上的孔进入左心。在这里，静脉血碰到了由气管和静脉样的动脉肺静脉从外界带进来的元气，两者混和，就产生了颜色鲜艳的动脉血和活力的灵气，再通过动脉系统分布到全身。某些动脉中的血液流到位于大脑基部
69 叫做“迷网”的血管网中。在这里，活力的灵气变成了动物性灵气，然后通过中空的神经分布到全身。

盖仑的“人体”解剖学中的错误几乎与他在生理学中的错误一样多。他认为肝是五叶的，实际上另一些动物如狗的肝才是五叶的。位于大脑基部的迷网实际上只存在于反刍动物身上，而在人类中并不存在。他论证说，心脏不是肌肉质的，并且把心脏的主动活动阶段看作是在膨胀期，而不是在收缩期。他认为心脏与呼吸有关，当它膨胀时吸进空气，而在收缩时就把空气排出体外。这种理论并不能解释当心跳频率比呼吸频率要快得多时，心脏怎么能够推动呼吸进行。虽然盖仑的体系是以不完善的观察和不正确的推理为基础，但它却在一千四百多年这样漫长的时期内被视为令人满意的理论。它似乎满足了把医学和哲学传统完全而简单地结合起来的需要。它结合了希波克拉底的四种体液说、亚里士多德把生命和灵气分为三级的学说以及斯多噶派的庞大宇宙精神灵气学说。此外，它还充满了宗教精神，对伟大的造物主及其杰作的钦佩之情溢于字里行间。

盖仑知道只有实验才是通向科学的唯一道路，并且常常

提醒读者注意这一点。不幸的是，他自己在工作中并没有严格地遵循这条规则。然而，我们知道他是一位实验生理学的大师，这在神经系统生理学的研究上表现得特别明显。在这方面，他的成就是这样的先进，以至于直到十九世纪才有人对他的理论作出实质性的修改。他仔细地进行了脑、脊椎的神经的解剖。他指出，神经起源于脑和脊椎，而不是像亚里士多德所说的起源于心脏。他还对脊髓进行了一系列实验，这些都记载在他的《论解剖手术》一书中，他注意到当第一节和第三节脊椎骨之间的脊髓受到损伤时，立刻就会导致死亡；第三和第四节脊椎的损伤会抑制呼吸；在第六节脊椎骨以下横切脊髓将造成胸部肌肉的瘫痪；而在再下面一些部位损伤脊髓则会引起下肢、膀胱和肠的瘫痪。

在生理学上，很难找到一个盖仑丝毫未触及的问题。他超出了认为肾脏的功能已经清楚了的看法，而通过结扎输尿管证明了尿液是在肾脏里形成的，与膀胱无关。他还进一步打算通过给猪喂不同的食物，然后解剖它们的胃，并通过观察来研究其消化过程。

盖仑虽然在和平神庙 the Temple of Peace 里进行过公开讲演和实验演示，但是他没有自成学派也没有留下任何门生。尽管他有辉煌的学术成就和能与罗马皇帝相处的才干，但是他的脾气想必是非常古怪以致不能与同行及有作为的学生和睦相处。盖仑努力地综合了一个包括生理学、病理 70
学和临床医学在内的总的系统。虽然在今天要指出他的错误十分容易，但过去一代又一代的科学家认为他的理论是令人满意的。

毫无疑问，盖仑是从古代直到维萨里 Vesilius 以及后来哈维 Harvey 的时期内最重要的解剖学家和医学实验家之一。甚至维萨里和哈维这两个伟大的科学家在开始也是信

仰盖仑主义的。后来他们抛弃了盖仑主义，也许正应该被认为是作为科学家的盖仑的真正科学精神的胜利。他们正是从盖仑那里接受了教育，受到了鼓舞。几百年来，盖仑主义阻碍了生物学的进步，但这并不是盖仑本人的过失。这是教会对他的错误赋予巨大的权威。这些错误包括：三种灵气的概念，拟人化的目的论理论，他的宗教精神，以及把科学方法用作证明宗教教义的手段。长期以来，对盖仑主义提出疑问都要冒被指控为异教徒的危险。他那些非常明显的错误竟被没有头脑的人当作是神圣不可侵犯的真理，这无论是对科学事业的发展还是对盖仑本身的荣誉来说，都是非常不幸的。

在欧洲的黑暗时期，盖仑的大多数长篇大作虽然不为世人所知，但没有失传或完全被人忽视。他的著作被译成了叙利亚文和阿拉伯文。后来在十一和十二世纪时，他的阿拉伯译文又被译成拉丁文，并再次给了学习盖仑的潮流以新的动力。他的宗教倾向及医学知识即使不包括他的实验方法，也都成了基督教徒和穆斯林研究医学的基础。

三　科学和文化的衰落

在结束关于古希腊—罗马社会的讨论以前，我们应该暂停一下，来考虑当时科学已经明显地处于一种完全无力、停滞不前的状态：即对从泰勒斯到盖仑所取得的理论和实践上的伟大成就，既没有加以巩固提高，也没有应用到实际中去。到公元 200 年左右，旧的希腊文化已几乎灭亡。罗马时期，由于前后经历了约二百年繁荣昌盛和相对和平的生活，本可指望在理论方面取得很大发展；然而许多人却清楚地看到，当时的社会充满了弊端；自从亚里士

多德以来，科学上很少取得什么成就。普林尼就曾经常抱怨人类社会已变得腐化堕落，认为他的那个时代比先前的任何一个时代更糟。

在罗马皇帝、哲学家奥里略死后，罗马帝国进入了十分悲惨而又不可避免的衰落时期。其原因与其说是遭到外部野蛮民族的入侵，还不如说是内部的腐败。当时的罗马苦于国家管理不当、内战不停，经济、政治和道德腐败，政权专制、横征暴敛，疟疾流行，农业衰落。某些历史学家把宗教信仰和神秘主义看作是公元二世纪科学和文化衰落的原因。“在整个希腊—罗马社会，并且实际上还包括牛顿 Newton 以前的整个欧洲”，星占学成了“无所不包的自然规律”。[17] 神秘主义的偏见阻碍了科学探索精神的发展，甚至连最伟大的思想家，也未能提出作为理性主义者应该提出的问题。到公元三世纪，基督教的团体大大发展了。德尔图良和其他基督教的作家们对异教徒世界的衰落及其学术活动遭受破坏感到高兴。

71

我们如果还记得罗马时代普遍存在的生态环境的混乱状况的话，那么对今天的生态学问题的关注就会更迫切。那时，较丰富的矿藏已经耗竭；由于乱伐森林，土壤侵蚀，又不注意维修灌溉渠道，结果，意大利田地的生产力低落。在哈德良 Hadrian[①] 公元 76 – 138 时代以后，意大利的人口出生率下降，西方世界的人口明显地减少。在坎伯格纳地区，许多农场无人耕种，因此谁愿耕种就可以免费让他使用。公元 250 年，拜昂尼瑟斯 Bionysius 主教曾抱怨亚历山大城的人口只有过去的一半。

第三四世纪时，在那些受过教育的社会阶层中，人们已经不再那么崇尚科学了。这对神学家来说当然是无足轻

① 哈德良：罗马皇帝，117 年 – 138 年在位。

重的。神学家们对待科学，充其量也只不过是心理矛盾的态度，或者更可能是公开地表示反对。少数人则已达到像德尔图良那样恶毒咒骂的程度，他们说："由于有了基督耶稣，我们既没有必要对事物感到好奇，也没有必要去进行探索。……当泰勒斯进行天文观察时，他的两眼只扫视着天空，那么他是应该掉进井中的，那也是非常适合的。这种倒霉事情可以很好地用来说明所有那些从事愚蠢的哲学的人的命运……"他们还警告基督徒们不得去读异教徒的书，因为这些书会使年轻人抛弃基督教的宗教信仰。相反，只能通过读上帝的《圣经》去了解历史，通过学习《圣经》中的预言去搞懂哲学，通过研究"创世纪"去弄清上帝是怎样创造世界的。他们甚至还告诫教徒说："研究这些问题是增长不了知识的，还是把它们留给上帝去解决吧。"[18] 然而使人啼笑皆非的是这些谴责异教徒的和非宗教的学术的人，例如德尔图良和圣·奥古斯丁等，他们本人却很有学问。

基督教认为：西方世界应该是一个如《圣经》所描述那样的物理学和生物学的世界，这个世界如《创世纪》所说，是上帝创造的，是一块平坦而稳固的大地。不管明智的人们将会说什么或企图去证明什么，科学必须成为基督教圣经权威的牺牲品。当皇帝君士坦丁 Constantine[①]皈依基督教以后，国家权力也成了反对科学家和学者的工具。图书馆被破坏，异教的图书被焚烧，拜占庭皇帝查士丁尼 Justinian[②]禁止异教徒和不信教者担任大学职务，并且没收了他们的财产。这样，柏拉图留下的充满生气的遗产——学园——在公元 529 年被封闭了。许多学者被流放到波斯。学者和古代的著作一旦失

① 尹士坦丁：罗马皇帝，306 年－337 年在位。

② 查士丁尼：东罗马帝国拜占庭皇帝，527 年－565 年在位。

去后就再也不会复得！书是由人工来抄写的，而且份数稀少。在十二世纪，出书的速度是一天五页。抄完一本《圣经》一般需要六个月的时间。

彼特拉克 Petrarch[①] 1304－1374 把从四世纪到十四世纪 72
的这段时间称作“黑暗时期”。现在这个词所指的时间一般限于指从罗马帝国的灭亡到十世纪末。这段时期的特点，一般被人描写为普遍的无知和贫困，缺乏任何智力的或科学的进步。现代研究中世纪的学者在许多领域上对这样一种描述表示怀疑。然而，就生物学而言，在这个时期很难发现有什么工作成果是真正与“生物学科学”这个名称相符合的。这个历史时期的智力水平，是由对神学利益的关心而不是对自然界的兴趣所控制。

罗马的统治崩溃以后，新王国的建立遇到了巨大的困难。对于有教养的希腊人和罗马人来说，新的统治者只能称作“野蛮人”。然而他们毕竟是统治者。事情总是这样：占领一个有古老文明的国家比较容易，而要维持或改进这种文明则要困难得多。交通线路、旅行安全、教育、工业和农业等等的崩溃与建设文明的任务相比而言，要容易得多。在西方，罗马帝国被彻底地分裂成许多小块。而在东方，拜占庭帝国仍然是强大的；希腊的东正教正在成为统一的力量。在叙利亚和波斯，从六世纪起，穆斯林逐渐发展成新的有文化的势力，而于九世纪到十一世纪时达到了其黄金时代。在西方，这个时期却普遍缺乏文化教养，其典型例子是，公元六世纪意大利的哥特人国王德奥多力克 Theodoric 和拜占庭帝国的皇帝查士丁 Justin，他们都是不会读书，甚至连自己的名字也写不来的文盲。德奥多力克是

① 彼特拉克：意大利诗人，人文主义者。

用一个金印签署文件的。

就像所有的学术研究一样，医学也被宗教所垄断，它优先考虑的是拯救灵魂，而不是治疗疾病；每治好一次疾病，又被看成是一个宗教的奇迹，而不是治疗过程的自然结果。希波克拉底为把医学与迷信分开而进行的斗争被完全忘记了。某些神学家甚至论证说，在健康人的体内找不到上帝的灵气。有些狂热的宗教徒提倡肉体的节欲苦行。庸医想不出任何办法来对付的疾病，当时的医学界医术不高，也拿它没有办法。罗马世界在长时期的衰落中，始终遭到一系列瘟疫的折磨。在这些瘟疫造成的灾难中，以公元 540 年查士丁尼王朝时发生的一场鼠疫最为严重。事实上，中世纪从开始到结束，始终处在淋巴腺鼠疫破坏性的袭击之中。这些灾难造成大量人口死亡，无数田园荒芜。公元六世纪时发生的那场鼠疫，从埃及经过亚历山大城和巴勒斯坦地区一直蔓延到当时已知世界的其余部分。据估计，每天的死亡人数达好几万。按吉朋 Gibbon[①]所说，某些国家在经过好几个世纪以后，人口密度也没有恢复到瘟疫发生以前的水平。由鼠疫造成的破坏有利于教会成为欧洲的一股强大势力。在瘟疫泛滥时，科学的医学缺乏医疗效力，无法对付这些灾难，必然使得人们去崇拜伟大的医疗者基督以乞求上帝的恩赐。医学不得不向宗教投降。

在中世纪，生物学研究是不合潮流的。在教会权威人上
73 的眼中，人体解剖的科目根本不值得探讨。对动植物的直接研究也毫无价值。普林尼的《自然史》仍然是所有这些知识的流行的纲要，他编的故事被不加批判地汇编起来，不但用于科学，还用在道德训诫和行为楷模的教育上。甚至连简单的

① 吉朋(1737－1794)，英国历史学家。

有图画说明的草药书，也被讹传误用，书上的图画及其说明被弄得根本无法辨认。

四　中世纪

技　术

由罗马帝国西部地区流传下来的科学传统虽然贫弱无力，但在一般称作中世纪的这段时期内却并不完全是惨淡苍白的。就我们现在所知，当时人们的根本态度确实已有了一些转变，这为科学和社会的发展准备了道路。被中世纪的“黑暗”所掩盖的是非常真实的社会革命及与其密切有关的技术革命。

如果把在中世纪创造的或第一次实际应用的发明都排列起来，这些成果即使谈不上灿烂辉煌，却也非常重要。在发展工艺技术、解放劳动力，改进农业生产技术等方面，当时所取得的进步确实非常显著。这个时期一开始，二圃或三圃的轮作制[①]不是已经发明了出来，就是已经得到了有效的应用。另一个重要改进是在大牲畜身上使用了现代的挽具等一整套装置。这样驮载和拉拽用的大家畜得到了更充分的利用。骑用的马有了一整套的马具，包括挽具、马鞍和马蹄铁；拉车的牛、马、骡等则有了肩轭、车杠和蹄铁。到十三世纪时，一种新的重轮犁连同模板和舵投入了实际使用。水力磨房、风力磨房、开矿业、道路建筑、排水装置等等以及农业，在中世纪也都得到发展。栽培作物的品种也增加了，例如出现了黑麦、燕麦、斯佩耳特小麦以及蛇麻草[②]。

---

① 不是现在的茬口轮作，而是几块地的休闲轮作。

② 蛇麻草，即现在所谓的啤酒花。

中世纪的发明还包括机械锯，带有落锤的锻炉，具有固定板和活门的风箱，窗用玻璃和玻璃窗，油灯罩，蜡烛和极细的烛芯，手推车，远视眼用的眼镜，运河上的水闸，火药以及有摆的落地大座钟等等，并以印刷机和火药武器的使用达到了顶点。连“蛮族人”也提供了一些今天看来是当然的东西，例如现代男人穿的裤子代替了罗马时代男人的长袍，改进了制作方法的毡制品，代替了橄榄油的黄油，以及滑橇、木桶、木盆等等。纺织业也随着手纺车的出现以及纺织机的使用而变得更好。水力的应用促进了许多改进，尤其是为炼铁炉使用的风箱提供了动力，从而可以熔铁、铸铁。航海业也得到了发展，舰船造得更大，可以维持更长时间的连续航行。在中世纪，唯一没有得到
74 发展的是起重技术。在失去了成千奴隶的巨大力量以后，工程师和建筑者就改用小块的建筑材料来建造当时高大的纪念性建筑物。

及至十二世纪，粮食生产和人口在欧洲都有了显著的增加。随着生产率和人口的增长，工业、工匠的技艺、商业贸易以及城市中心都发展起来了。中世纪早期的发明以及农业技术的改进，改变了欧洲社会的面貌，使它变得有生气起来。然而人们并没有认识到这些发明的重要意义，那些抄写久已失传的亚里士多德著作的人们受到了社会的尊敬，而那些改变了中世纪面貌的技术发明家却名不见经传。他们可以比作是一个巨大的蚁冢的成员，每一个小小的个体只是这个伟大事业的一小部分，当然不能指望他们每个个体都会对这个伟大事业有所理解。

学术上的贡献

十一世纪到十三世纪之间，学术活动的复活使欧洲文化有了生气。人们可以责备中世纪的学者们没有给古希腊的传

统中加进多少东西，但是希腊传统能够部分地保存下来并得到吸收利用，这也是非常有意义的，而这却正是他们所做的工作。欧洲不是直接地得到这份文化遗产的，它是从那些与古代的学术活动有更密切关系的犹太人、阿拉伯人和东方人那里，通过曲折的道路获得的。到了十三世纪末，欧洲已在一些学术和科学领域取得了显著的进步，这些领域包括数学、天文学、炼金术和医学。

某些个别人物具有超乎常人的好奇心和创造力。腓特烈二世 Frederick Ⅱ[①] 1211－1250 就是一个这样的人。他被崇拜者们称作为世界的奇才。他研究了自然，甚至还进行过解剖和生理实验。但是那些最有天才和最聪明智慧的人物，似乎更致力于神学和政治策略问题。在其它时代里可由科学提出的问题——关于宇宙和生命的起源和本质的学问，在当时被认为完全可由神学来加以解释。这种神学的倾向削弱了刺激科学探索的基本智力鼓励。在苏格拉底以前的希腊，工艺过程曾鼓舞了哲学家的活动，但是，中世纪有行会经营的工艺活动，由于相互之间留意提防，严格保守技术秘密，实际上堵塞了科学发展的另一条通路。

到十三世纪的时候，科学和学术活动的步伐已经明确地加快了。人们感兴趣的是为什么这种加快正好发生在这个时候而不是更早一些。毫无疑问，在这以前机会是有的，但并未引起注意。公元二世纪时，罗马教会曾抱怨基督教徒们研究几何学，钻研亚里士多德、德奥弗拉斯特和盖仑的著作；同样，在公元九世纪，教会也抱怨西班牙的基督教徒研究异教徒著作家的阿拉伯译文及其注释。西班牙的穆斯林为把阿拉伯文翻译成拉丁文提供了明显的机会，在 1204－1261 年君 75

① 腓特烈二世：德国皇帝。

士坦丁堡被占领时期[①]，又为把希腊文直接译成拉丁文提供了可能性。

翻译古代著作的重要时期从基督教徒十字军向西班牙穆斯林的西征开始。他们在 1085 年占领了托莱多，并把它变成了一个基督教大主教的教区。西班牙由于有许多懂得两种语言甚至三种语言的穆斯林、基督教徒和犹太人，因此那里成了学者们相互影响的重要地区。由于雷蒙德 Raymond 大主教在托莱多办了一所翻译学校，吸引了全欧洲的学者，从而促进了这些学者间的相互影响。其中，著名的克雷莫纳的格兰特 Gerand of Cremona 1114－1184 翻译了托勒密的天文学著作，还翻译了其它八十多种著作。

西西里岛是另一个懂得拉丁语、希腊语和阿拉伯语的学者们相互影响的重要地方。这个地区曾被穆斯林统治过一段时期，后来在 1091 年被基督教的势力所控制。学术传统在这里虽然从未完全被消除，但是斯科特 M. Scot 死于 1235 的事业却代表着欧洲人研究科学的新热情。斯科特的工作曾受到神圣罗马帝国皇帝、南意大利及西西里岛的国王腓特烈二世的鼓励。他是个非常聪明的奇才，他对气象学、医学、社会学、心理学、观相术、占星术和巫术都非常感兴趣。教皇曾称赞他“从小就充满着热爱科学的炽热感情”。[19] 虽然他曾把亚里士多德的生物学著作译成了拉丁语，但他的主要“科学”却是占星术和占卜术。在占卜将来的命运时，总是劝告人们要随大流，并且带回一些作为预兆的物体。斯科特解释说星星将会指导他们作出选择。他事先假设静脉切开放血术和占星术之间有相互作用，从而把占卜也应用于医学。斯科特曾警告皇

① 第四次十字军东征时，西方的侵略者于 1204 年占领了拜占庭的君士坦丁堡，建立拉丁帝国。君士坦丁堡于 1261 年被拜占庭重新夺回。

帝，当月亮处于双子座位置时，最好不要放血，否则就会有两次受伤的危险。但是腓特烈听信了他的理发师的话，认为在任何时候放血都是合适的。在放血时理发师却把柳叶刀掉到了皇帝的脚上，结果脚上起了很痛的一个肿块。为此皇帝就相信了斯科特所谓"科学预言"的价值。

这样，从斯科特身上，我们可以很好地看到他那个时代知识分子奇怪的特征。由于对哲学和科学都感兴趣，他们接受了占星术和炼金术。他说："所有的科学都来自于哲学。"他还劝告人们，要成为一个聪明人，必须具备对问题透澈的理解力，工作的勤勉，广泛的阅历和极好的记忆力。然而他所讲关于植物、动物的事情却至少像普林尼所讲的一样神奇。斯科特的动物学认为，鸟的尾巴上有十二根羽毛，这些羽毛是与黄道十二宫相一致的，如果掉了一根，它就不能很好地飞翔。印度的长生鸟能够用提问者所说的任何一种语言来回答他所提出的任何一个问题。据说戴胜科鸟 Hoope 是靠吃人粪为生的；豹身上散发出的一股甜蜜气味可飘至一英里远。有些动物只要被看上一眼就会死去；有些动物的鼻孔会喷出烟来。某些动物像尾部有毒针、腹部却有解毒剂的蝎子一样，也同时含有毒物和解毒剂。虽然人是看不见风的，但是牛、猫、鹅、鹤和母鸡却都能看见风。斯科特对农业的评论也同样富有启发性。为了保护灌木丛免遭暴风雨的袭击他建议读者只要把三只活的蟹烧成灰就可以了。而在一只新的泥罐中放进一只红的青蛙，就可防止暴风雨对庄稼和葡萄园的伤害。如果在葡萄树中祭献一只喜鹊也同样可以保护葡萄园。

在中世纪的十二十三世纪中，有许多因素有利于造成新的学术风气，这种风气刺激了学术和科学活动的发展。意大利在地中海东部诸国家和岛屿进行的商业贸易和十字军的东侵活动，由于几乎没有带来什么翻译著作，因此它们对造

成这种风气没有直接的影响。新的宗教运动开始动摇着铁板一块似的信仰结构，带来了怀疑与好奇的气氛。怀疑与好奇的口袋就像知识真空一样，要用东西来填塞，而古老的希腊哲学看来可以满足这种需要。

译著涉及的范围很广泛，但并非无所不包。基督教徒们偏爱于翻译他们比较熟悉的罗马人和希腊人的著作。阿拉伯人那些创造性的贡献却仅被看作是中间媒介而遭到了忽视。例如，阿拉伯人阿尔－纳菲 I. al－Nafis 曾发现了小循环。但是他的这一发现直到本世纪才为世人所知。其他阿拉伯人和波斯人的著作至今仍然没有得到翻译。亚里士多德卷帙浩繁的全集出现之后，他就立即被人推崇为哲学王子。这种对亚里士多德的兴趣，有利于人们用亚里士多德的观点来取代基督教早期教父派的柏拉图观点。阿奎那 T. Aquinas[①] 1225? – 1274 通过编辑校订亚里士多德的著作更助长了这种倾向。

五　大学的发展

中世纪的大学与现在的大学有很大的区别，尤其是在学生、教职员与学校管理当局三者的关系上，差别更大。这些机构与古代的学术中心也完全不同。由教师对大批学生进行上课代替了不拘形式的讨论；被正式任命以教育那些追求文凭的学生的教师们，代替了以前的知识分子团体；而一整套的大学文科课程则代替了对共同感兴趣领域的一般性探索。

一般说来，基督教会的权威们虽然在初生的大学中占统治地位，但某些主要大学的确切起源并不很清楚。在十一十

① 阿奎那：意大利经院哲学家，天主教神学派。

二世纪，随着老的修道院学校的威信日益下降，教区总教堂的学校以及半世俗的市立学校开始取代他们。某些这样的学校在十二世纪发展得相当大，经过默默无闻的几个世纪以后，成了高等学术活动的中心。例如，查理曼 Charlemagne 768－814 曾建立了和大主教教堂相联合的学校。在这里，给年轻的神父们上神学课、音乐课及教会认为作为一个教士必须学习的其它科目。当学生数目日益增多的时候，教师的数量也增加了。为了保护他们自己的利益，全体教师组织了叫做"Magistri"的组织。这样的一个组织就叫做一个"大学教师协会"。

大学 university 在中世纪是一个非常含糊的词语，它指的是人的任何一种联合状态或社团。早期的大学常常是为了追求这种联合状态的优越性而组成的团体。这样，它们就更像是一些同业公会。事实上，在十一世纪时，"大学"和"同业公会"的确是可以相互替换地用于描述行业的联合的。"studium generale"这个词指的是由从事高等学术活动的学者和学生组成的"大学"或"同业公会"。这样的机构吸引了从各国来的许多学生，向以精通某些领域而闻名的教师学习。最后，"大学"一词就狭义地专指进行高等教育的机构了。

中世纪的大学吸引学生的数目是非常巨大的。所有学生都以拉丁语作为学习使用的语言。他们组成了"乡友"（团体）。大学具有很大的权力，并且从市政府和基督教会那里获得了很高程度的自治权。但是，一般说来，城镇居民和大学的关系常常是非常紧张的。某些学校是由大学文科教师组织起来的"行会"所控制，其中著名的有巴黎大学和牛津大学。相反，以学习法律为特征的波伦亚 Bologna 大学，却由学生团体所掌握。在大学中，没有标准年龄或年级的分配。学生们以粗暴、拥有武器以及酗酒而闻名，并且常常闹事。在未设奖学金

或学生贷款的大学中，他们就常常以乞讨、偷窃为生。尽管名声不好，大学的基础仍然主要是年轻人追求知识，或至少是在毕业后追求财富和权力的热情。

每个大学尽管都有它自己独特的起源和历史，欧洲的大学却可以分成三种主要的类型。一种是由教会建立的，以巴黎、牛津和剑桥大学为代表。这些学校中的学生和教师形成了一个由校长指导的、封闭性的集合体。第二种类型是市立学校，例如波伦亚和帕多瓦 Padua 大学。这些学校由学生选举出来的一个教区长管理。波伦亚大学作为一个正式组织的前身，目前还缺乏历史资料可资确定，但它的起源可以回溯到罗马帝国时期。在这里，学生对教师及课程有很大的控制权。第三种类型是国立大学。它们是由世俗的统治者在教皇
78 的认可下建立的。由西西里的腓特烈二世建立的那不勒斯 Naples 大学和卡斯提耳的腓特烈三世创立的萨拉曼卡 Salamanca 大学，就属于这种类型。

大学的课程并不直接促进科学的进步，这是显然的。但是，由于这种机构的类型代表了当时的时代特征，并形成了当时科学及科学家的特性，因此，在西方科学史上，这些大学的作用还是非常重要的。在中世纪，公立学校还没有听说过，当时可能是由教区的神父给儿童提供最初步的教育。受了这个初等教育后，儿童也许会进入大主教区的学校。学校中的全部课程有七门。这七门课在公元六世纪时由博埃修斯[①] Boethius，分成了两部分：低年级的三门学科：语法、修辞和逻辑，以及高年级的四门学科：算术、几何、天文和音乐。

十三世纪时，北欧一共才有五所重要的大学，即巴黎、奥尔良 Orleans、昂热 Angers、牛津和剑桥大学。在法国南部还有

① 博埃修斯(480? - 524?)：罗马政治家、哲学家。

另外三所。意大利自夸有十一所，而西班牙仅仅有三所。德国直到十四世纪才有大学出现。在这二十二所大学中，波伦亚大学和巴黎大学是最重要的。到中世纪末期，在欧洲已建立的八十多所大学中，有三分之二是在法国和意大利。

在中世纪的大学出现以前，历史上还从来没有过这样大规模的学术机构。当时，受过教育的或者仅仅会识字的人虽然都仍然是少数，但某些大学却有好几千个学生。学生们被禁止进行体育活动，但是除了学习以外，他们还进行赌博、偷窃、酗酒和格斗。许多“学者”在十四五岁时进入这些大学。学生同当地城镇居民之间的冲突是很普遍的现象。大学虽然是权力很大的机构，但永久性的学校建筑却非常稀少。上课经常是在教授的房间里或租来的房屋中进行的。学生们常常是相互独立地与教师订立雇佣和支付教师报酬的协定。学生学习六年以后，可以进行一次考试。如果通过了这场考试，他就有资格当教师。许多报酬丰厚能赚大钱的职业为大学毕业生敞开着大门。他可以接受神职，成为牧师或担任其他教会的职务。他的学术研究能力可能会受到一个有钱的庇护者的赏识。他也许会去从事医学或法律研究，或者做个誊写员。但是，甚至在十三世纪，就已经有学生拒绝这些传统的道路。他们追求一种漫游、闲逛的学者生活——周游遍布欧洲的各个大学和各地的小酒馆。

在所有的大学中，教学内容都局限在宗教教义的范围内，并且还受到教义的调整。学术上的偏离会被当做异端而受到惩罚。特别是在十三世纪的宗教混乱中，世俗的权力屈服于基督教的势力。在大学中成立了托钵行乞修道士的修会，以反对异端。几乎在这一转变发生的同时，亚里士多德的著作也以它原始的纯粹希腊的形式出现，从而能为学者们所利用。

亚里士多德的观念受到了基督教教义的欢迎。他认为地球是宇宙的中心，但却变化多端而不完善。这种观念与教会的观念几乎同出一辙。上帝居住的天堂与地球截然相反，它是纯洁的、不受沾染的，而且是永恒的。更有甚者，亚里士多德认为人的生命是一个等级森严的体系的一部分。这种观念产生了对封建社会等级制度合理性的专制的并且似乎半科学的证明。阿奎那在十三世纪以一种适合教会需要的形式编辑校订了亚里士多德的著作。所有学术上的偏离都很容易地归咎于异教徒的无知。亚里士多德的这种权威及时地达到了至高无上的地步。当时的时代风貌，从当时有些学者研究马的牙齿数的方法这件小事上就可很清楚地看出：他们不去数一下马的牙齿，却在亚里士多德论述的基础上长期争论不休。

这个时期的教育虽然是在最坏的意义上所说的繁琐哲学——只知道崇拜古代的权威，毫不鼓励进行创造性的思维。但是，确实也有少数人进行了很有意义的观察。莱茵河畔宾根地方的修女希尔德加德 Hildegard 在她写的《医学》（约写于 1150 年）一书里，就记录了对动物、植物和矿石的观察以及如何把它们当做药物来使用的方法。腓特烈二世叫人把亚里士多德的著作从希腊文翻译成拉丁文。他在意大利的萨莱诺建立的医学学校中，人们还进行了人体解剖。这个皇帝本人对自然史很感兴趣。他自己还曾写过一本论述猎鹰训练技术的书。书中记录他的观察结果，甚至还包含有批评亚里士多德的内容。

在十三世纪，其他的有创造性的思想家还包括马格努斯 A. Magnus[①]和罗吉尔·培根 R. Bacon 1214－1294。但是，在那个时候对创造性的观察和实验感兴趣是非常危险的。在学术

① 马格努斯：德国经院哲学家，神学家。

上这样超越常规的行动会被控告为巫术和异端。马格努斯约1200－约1280是天主教多明哥会的会员，享有博学的盛名。虽然他曾经达到了巴黎大学和科隆大学的教授，以及西德雷根斯堡 Regensburn 地区的主教这样的地位，但是他放弃了这种生活，宁愿与世隔绝地待在修道院中，把自己的一生贡献给了科学事业。他有一种使命感，强烈地感到有责任编辑校订斯科特翻译的亚里士多德著作的拉丁文版，并且要使它们与基督教的教义相协调。他对自然科学、植物学和化学都有强烈的兴趣。游离态的砷就是他最先制成的。但在生物学上，他接受了亚里士多德的错误观点，例如动脉中流动的是空气、大脑是冷的潮湿的无足轻重的器官，等等。

罗吉尔·培根在加入天主教的方济各会前曾在牛津大学和巴黎大学读过书。他的观点对于当时的封建社会来说是太自由了，以致于不得不在监狱中待了好几年。他对物理学和化学都很感兴趣，但是却被谴责为搞巫术和妖法。罗吉尔·培根被称作是"科学的先知"，这主要是因为他研究大自然的方法和道路，倒不是因为他有什么特别的发现和发明。他确实进行过一些光学实验，并且似乎还曾预言过将来会发明显微镜和望远镜。[22] 但是，即使像这样一些杰出的人物也 80
不能彻底摆脱他们所处时代的迷信的影响。马格努斯就相信许多中世纪关于宝石的迷信说法，因为他曾看见过一颗治愈溃疡病的蓝宝石。

六　阿拉伯的科学

公元570年，穆罕默德生于宗教圣地麦加城一个贫穷的家庭。他的父亲在他出生前两个月就在麦地那去世了。这个婴儿继承的遗产有五匹骆驼，一群山羊，一座房子和一个奴

隶。当他才六岁时,母亲又去世了,把他留给了祖父和叔叔抚养。虽然穆罕默德可能从未读书识字,他却创作了在阿拉伯文中最有名和最有影响的书——《古兰经》Koran。二十五岁时,他与一个富裕的寡妇卡迪加 Khadija 结婚。当时卡迪加已四十岁,并且还带着几个孩子。他们一起生活了二十六年,直到他妻子死后,他才再结婚。卡迪加给他生了几个女儿,另外还有过两个儿子,他们在婴儿时就夭折了。尽管他自己希望的是简朴不挥霍无度的生活,但事实上,他却有十个老婆外加两个情妇。在卡迪加死后,他娶的所有妻子都是"不生育的"。在他去世的前一年,一个科普特奴隶给他生了一个儿子。但是这个孩子也在出生后十五个月就死去了。当他在公元 632 年去世时,只有一个女儿法蒂玛 Fatima 还活着。

公元 610 年,他独自一人在山洞中进行宗教静修时,经历了一次显圣。在那次显圣中,报喜天使加百利 Angel Gabriel 说他是主神安拉[①]的使者。以后,他就有了更多的显圣。在这些显圣中,《古兰经》断断续续地展现了出来。过了许多年后,穆罕默德开始宣讲自己的新宗教,但并没有成功。除了他最亲近的家族以外,几乎没有什么人改变自己原来的宗教信仰。公元 619 年,他迁到了麦地那("先知的城市"),并很快地成了这座城市的统治者。在反对他的敌人和麦加富裕商队的神圣战争中,他得到了贝督因人 Bedouin[②]的支持。公元 630 年,穆罕默德凯旋而归。他回到麦加后,捣毁了神庙中的偶像,并且宣布自己的出生地麦加是伊斯兰教的圣地。〔"伊斯兰"Islam 这个词指的是"服从,或绝对听从上帝"的意思;信仰这个宗教的信徒则叫做"穆斯林"Moslems。〕他死后不到一

① 安拉:伊斯兰教所信仰的主神、真主。

② 贝督因人:在阿拉伯半岛和北非沙漠地区从事游牧的阿拉伯人。

个世纪，他的信徒们就占领了亚洲拜占庭的大半个国家、整个波斯、埃及、北非洲和西班牙。

根据穆斯林的传说，尽管先知穆罕默德本人并没有接受过教育，但他是个崇尚知识并鼓励人们追求学问的人。穆罕默德说："那些离乡背井去追求知识的人，是在真主的大道上行走。"[21] 阿拉伯人建立了小学，通常就在清真寺中教学。大多数的男孩，少数女孩以及一些奴隶的孩子在这些小学中接受免费的或收费很少的教育。学校的课程大多数都与宗教有关——每个人必做祈祷，阅读《古兰经》，通过《古兰经》了解神学、历史、伦理学和法律。写字是接受高等教育的人才学习的一项技能。不会写的人常雇用职业抄写员。

后来，在政府的控制下，中学也办起来了，并且得到政府 81
的资助变成了职业学校。在这些学校里，学生们学习语法、语言学、修辞学、文学、逻辑学、数学和天文学。由于教师的薪给与学生的花费都是由政府和慈善家提供的，因此上学也不用交学费。有时，学生要经过长途跋涉去听最有名的教师上课。就像拉丁文为所有的欧洲学生使用一样，阿拉伯文也成了所有的伊斯兰世界用于学习的语言。学生们得不到学位，但教师可以个人身份给与认可证明。

阿拉伯人对科学史和学术成就的一个主要贡献，是他们成了各种文化之间交流重要发现和思想观念的传递者。波斯和叙利亚虽然已经衰落，以致很容易地就被阿拉伯人占领，但是，它们却很好地保存了古代的学术传统。如同在公元529年柏拉图的学园被封闭以后，许多学者被迫迁移出走一样，不少希腊的医生移居到了波斯。在叙利亚，当时仍然有许多图书馆和蓬勃发展的哲学学校。阿拉伯学者可以很公正地宣布，在公元九世纪到十三世纪的这段时期内，伊斯兰国家占据了世界学术活动的领导地位。当时，书本被看作是巨大的

财富。公元九世纪时，巴格达以有一百多家书商而自豪。图书馆大部分是附属于清真寺的。巴格达在被蒙古人摧毁前，有三十六家公共图书馆。当时，建立私人图书馆是有钱人家的业余爱好。在公元九世纪到十一世纪之间，阿拉伯人对书籍的爱好，除了那时的中国人以外，没有一个地方的人可以比得上。有个医生宣称他图书馆中的藏书，需要四百头骆驼才能搬动。另一个酷爱读书的藏书家，死后留下了六百箱书，每箱都需要两个人才能抬得起。

阿拉伯的领导人认识到，他们的文化在科学和哲学方面是薄弱的，但是他们在叙利亚却有着几乎没有遭受过损失的希腊文化财富。亚历山大城、贝鲁特、安蒂奥克以及其他一些城市的学术中心仍被允许继续进行学术活动。懂得叙利亚文或希腊文的穆斯林鼓励译成阿拉伯文的翻译事业。翻译者一般都是犹太人或景教[①]派 Nestorian 的基督教徒。阿拉伯的国王还把王子们送到君士坦丁堡及其他希腊人聚居的城市，以获得各种希腊书籍，尤其是医学书和教学书。就像基督教徒们努力探索以使亚里士多德能够与基督教的教义统一起来一样，阿拉伯人也在力图尝试使古希腊的哲学能够与《古兰经》协调一致。由于阿拉伯人认为《古兰经》已经包含了所有重要的知识，因此阿拉伯学者常常把他们的著作说成是对《古兰经》进行注释的事业，以利于他们更受人尊敬。

阿拉伯人除了传播古代科学和哲学的传统以外，他们还吸收和传播了一些为进一步普及和发展文化与学术研究所必需的技术。阿拉伯人在 712 年占领撒马尔罕时从中国人那里学会了造纸技术。中国人约在公元 100 年就已经使用纸张

① 景教：基督教的一个教派，由叙利亚主教聂斯托里所主张，他们认为玛利亚不是天主之母，人性和神性在耶稣身上分别存在。

了。794年,阿拉伯人在巴格达建立了第一座造纸作坊,当他们占领了西西里岛和西班牙以后,就把造纸技术引进了欧洲。在翻译和吸收其它文化的科学著作时,阿拉伯人中产生了许多有创造性的数学家、天文学家、物理学家、医生和化学家。简便的"零"和所谓的阿拉伯数字,比起麻烦而不方便的罗马数字来说,显然要有用得多。这些数字实际上是从印度借用过来的,但是,它是通过阿拉伯人的改编,并由阿拉伯人传入西方。巴格达的"智慧之馆"翻译了《旧约全书》以及希波克拉底、欧几里德 Euclid、托勒密、柏拉图、亚里士多德、底奥斯可里底斯和盖仑的许多著作。在科学和数学上应用的许多词汇,如炼金术、代数学、阿拉伯数字、算法、乙醇、最低点等等,也是从阿拉伯语中衍生出来的。

化学和炼金术

阿拉伯人对科学中最有实验性的化学的研究兴趣具有深远的意义。十九世纪以前所知的一切酸和碱,阿拉伯的化学家们都知道。阿拉伯科学家们使得实验性研究受人尊敬,并证实了这种研究的价值。在这以前,实验性研究常同魔法、巫术纠缠在一起,从而被西方传统的学者们看作是粗俗卑下的事情而不屑一顾。阿拉伯的化学家发明并命名了蒸馏器,区别了各种酸和碱,完成了对无数物质的化学分析,并且还研究和制造了数百种药品。阿拉伯炼金术的根源可以追溯到古埃及。最有名的炼金师是海扬 J. ibn Hayyan 约721－约815。在中世纪的欧洲,人们称他为格伯 Geber,或者扎比尔 Jabir,或者"神秘人物""the Mystie"。公元十世纪的一个神秘主义的宗教派别"精诚兄弟会" the Brethren of Purity 把他的观点、看法记录下来,这样,他的著作才广为世人所知。

格伯的父亲是库法地方的一个药商,在格伯出生后不久,因参与了某种政治阴谋而被砍头。格伯本人虽然是个医

生但他更爱炼金术。在后来收集到的著作中，有一百多部炼金术的著作被认为出自他的手笔。其中有些可能为他的门徒所署名，有些则据说是西方人的伪造作品。炼金术对神秘的宗教团体有着很大的吸引力，而"精诚兄弟会"正是这样的宗教团体。他们编写了一部 52 卷的百科全书，其中 12 卷是关于科学的。但是他们的著作却被认为是异端而被巴格达的逊尼教派 Sunni[①]付之一炬。兄弟会在十一世纪时遭到镇压。

大多数中世纪的科学家都可能同意格伯的假设，即所有的金属都属于同一物种，因为它们都由水银和硫磺的理想形式演变而来。因此，所有的金属都可以在适当的技术条件下
83 相互转化。炼金士借助于"哲人石"可以把贱金属，例如铁、铜、铅和锡等变成白银和黄金。矿物加上血液、毛发、粪便以及各种各样的其它物质，经过各种化学试剂的处理，再经受锻烧、升华和蒸馏等基本化学过程，便可使其精华得到提炼和纯化。有了这种经过长期的炼制而得到的万灵药，就既可炼出黄金，又可延年益寿。

阿拉伯医学的黄金时代

当伊斯兰教主穆罕默德的继承人、新首都巴格达的统治者哈里发阿尔－曼苏尔 Caliph al－Mansur[②]生病时，他自己的医生束手无策，他就派人到荣迪沙泊尔去请一个景教派的医生。那个城市的景教派学校以教授神学和医学而素有盛名。当病治好后，这个哈里发自然就偏爱景教派的医生了。这些景教派的医生主要是波斯人。然而，阿拉伯的医学和药学有许多来源。按照利维 Levey 对阿尔－金迪 al－Kindi 801－866 的医药材料所作的语言学分析，药品的三分之一来

① 逊尼派：伊斯兰教的一个教派。
② 哈里发是伊斯兰教国家政教合一的领袖的称号。

自于美索不达米亚和闪米特的医学传统，23%来自希腊，18%来自波斯，13%来自印度，5%起源于阿拉伯，3%来自古埃及。[22]在一般的药典中，阿拉伯人加进了龙涎香、樟香、桂油、丁香、水银、番泻叶、没药、糖汁、药制饮料和玫瑰香水。第一个药店和配药所，以及中世纪第一个药学学校，都是穆斯林创办的，这是他们对医学事业做出的贡献。即使在阿拉伯医学的黄金时代过去以后，穆斯林中仍然不断产生出技术成熟的医生，他们在治疗近东地区常见的眼病方面颇有专长。

然而，阿拉伯人并不只是单纯地收集了古老的理论，在他们中间，同样地产生了一些达到中世纪医学顶峰的非常著名的学者。[23]其中最有名的是腊泽斯 Rhazes① 865－925、阿维森纳 Avicenna② 980－1037 和阿维罗伊 Averroes 1126－1198③。他们的著作被译成了拉丁文，并且成了欧洲各大学科学研究的基础。

阿拉伯的生物学

阿拉伯人对于生物学的贡献，与医学和化学相比，则相当有限。阿尔－迪内瓦利 A. H. al－Dinawari 815－895 的《关于植物的书》，其基础是底奥斯可里底斯的著作。但是，他确实也为药学宝库增加了许多新的植物。在培育新的果树品种和形成有趣的嫁接作物方面，阿拉伯人进行了有趣的实验。把蔷薇与杏树嫁接在一起的实验就是其中一个。阿尔－杰海士 O. A. al－Ja－hiz ？－869 年甚至还提出了关于进化过程的猜想。他提出生命是从矿物质逐渐地变成植物，再由植物发展到动物，最后由动物进化到人的。[24]在十二到十三世纪，穆斯林科学家开始强调纯植物学的研究，而不是强调植物的医

① 腊泽斯：阿拉伯医学家。
② 阿维森纳：阿拉伯医学家、哲学家。
③ 阿维罗伊：西班牙的阿拉伯医学家、哲学家、唯物主义者。

学作用。这样，植物学就重新得到了发展。他们还写了关于农作学的书籍，例如《农民之书》。在这本书中，分析了土壤和肥料，讨论了几乎六百种植物和五十种果树的栽培技术，也同样探讨了植物病害的症状及其防治方法。

当穆斯林遭到欧洲的基督教十字军的东征和在西班牙的基督徒攻击时，他们同时还受到了东方蒙古人的袭击。蒙古人仅仅占领了四十年。蒙古人在战胜东方的哈里发和宋朝以后，他们的势力就从亚洲的一端扩张到了另一端。成吉思汗 Genghis Khan 在 1214 年发动了对中国的第一次攻击。1233 年，蒙古人缴获了在汴京的一所军火工厂，从而获得了关于火药和榴弹的知识。这些武器后来使用在攻击欧洲的战斗中。这样，蒙古人就把中国人发明的火药和印刷技术带到了世界的其他地方。

注释：

1. E. A. Parsons(1952). *The Alexandrian Library*. Amsterdam: Elsevier Press.
2. Theocritus XIV 59 (quoted in Africa, p. 50.)
3. Parsons. pp. 273 – 412.
4. Celsus. *De medicina*. 3 Vol. Translated by W. G. Spencer(1935 – 1938). Loeb Edition, Cambridge: Harvard University Press. See preface, especially pp. 15, 25, 41; Ludwig Edelstein(1935). The Development of Greek Anatomy. *Bulletin of the History of Medicine 3*: 235 – 248; Charles Singer(1957) . *A Short History of Anatomy and Physiology from the Greeks to Harvey*. New York: Dover, pp. 34 – 35.
5. G. Majno(1975) . *The Healing Hand*. Cambridge: Harvard University Press, p. 333.
6. E. Nordenskiold(1935). *The History of Biology*. New York: Tudor.
7. Africa, p. 68(quoted from Cicero, *de senectute* 111).
8. Pliny. *Natural History* 10 Vol. Translated by H. Rackham, W. H. S. Jones, and D. E. Eichholz(1956 – 1966) Loeb Edition. Cambridge: Harvard University Press, Vol. 1, p. x.

9. Pliny, Vol. 7, p. 3.

10. A. E. Smith and D. M. Secoy(1975). Forerunners of pesticides in Classical Greece and Rome. *Journal of Agricultural and Food Chemistry 23*: 1050 – 1055.

11 Pliny, Vol. 8, p. 57.

12 Celsus, see Introdution by W. H. S. Jones.

13. Celsus, Vol. 1, p. 219.

14 Celsus, Vol. 1, p. 25.

15. Galen. *On Anatomical Procedures.* Translated by W. L. H. Duckworth(1962). Cambridge: Cambridge University Press. "On Bones," Book 1. Chapter 2.

16. Galen. *On the Natural Faculties.* Translated by A. J. Brock(1963). Loeb Edition, Cambridge: Harvard University Press. "On the Kidneys," Book 1, Section 13.

17. Africa, p. 80.

18. Africa, pp. 86 – 87.

19. L. Thorndike(1965). *Michael Scot.* London: Nelson, p. 11

20. C. Singer(1950). A *History of Biology.* New York: Henry Schuman, p. 72.

21. Ameer Ali, Syed(1900). *Spirit of Islam.* Calcutta: Lahiri, p. 331.

22. M. Levey(1966). *The Medical Formulary or Agrabadhin of al – Kindi.* Madison: University of Wisconsin Press, p. 20.

23. S. H. Nasr(1968). *Science and Civilization in Islam.* Cambridge: Harvard University Press.

24. G. von Grunebaum(1946). *Medieval Islam.* Chicago: University of Chicago Press, p. 331.

参考文献:

Africa, T. W. (1968). *Science and the State in Greece and Rome.* New York: Wiley.

Allbutt, T. C. (1921). *Greek Medicine in Rome.* London: Macmillan.

Arnold, T. and Guillaum, A., Eds. (1931). *The Legacy of Islam.* Oxford: Clarendon.

Aries, P. (1962). *Centuries of Childhood.* Translated by Robert Baldick. London: Cape.

Bell, H. I. (1948). *Egypt from Alexander to the Arab Conquest.* Oxford: Clarendon.

Boissennade, P. (1964), *Life and Work in Medieval Europe.* Translated by Eileen Power. New York: Harper and Row.

Brock, A. J. (1916). *Galen on the Natural Faculties.* London: William Heinemann.

Brock, A. J. (1929). *Greek Medicine.* New York: Dent.

Browne, E. G. (1921). *Arabian Medicine.* London: Cambridge University Press.

Burn, A. R. (1962). *Alexander the Great and the Hellenistic World.* New York: Collier.

Bushnell, G. H. (1928). The Alexandrian Library. *Antiquity* 2: 196 – 204.

Carra de Vaux, B. (1900). *Avicenna.* Paris: Alcan.

Cary, M. (1959). *A History of the Greek World from 323 to 146 B. C.* London: Methuen.

Cato. *On Agriculture.* Translated by W. D. Hooper and H. B. Ash (1967). Loeb Classical Library Cambridge. Mass.: Harvard University Press.

Celsus. *De medicina. 3 Vol.* Translated by W. G. Spencer (1935 – 1938). Loeb Classical Library Cambridge: Harvard University Press.

Clagett, M. (1955). *Greek Science in Antiquity.* New York: Abelard – Schuman.

Clendening, L. (1942). *Sourcebook of Medical History.* Reprinted 1960. New York: Dover.

Coonen, L. P. (1957). Biologists of Alexandria. *Biologist 39*: 13 – 18.

Crombie, A. C. (1969). "The Significance of Medieval Discussions of Scientific Method for the Scientific Revolution," in *Critical Problems in the History of Science.* Edited by Marshall Clagett. Madison: University of Wisconsin Press, pp. 79 – 102.

Crombie, A. C. (1959). *Medieval and Early Modern Science.* New York: Doubleday.

Dioscorides. *The Greek Herbal of Dioscorides.* Illustrated by a Byzantine A. D. 512, Englished by J. Goodyear A. D. 1655. Reprinted 1968. New York: Hafner.

Dobson, J. R. (1927). Erasistratus. *Proc. Roy. Soc. Med. 20*: 825 – 832.

Dobson. J. R. (1924). Herophilus of Alexandria. *Proc. Roy. Soc. Med. 18*: 19 – 32.

Edelstein, L. (1967). *Ancient Medicine.* Baltimore: Johns Hopkins Press.

Elgood, C. (1951). *A Medical History of Persia.* Cambridge: Cambridge University Press.

Farrington, B. (1969). *Greek Science.* Baltimore: Penguin.

Ferguson, J. (1973). *The Heritage of Hellenism: The Greek World from 323 B. C. to 31 B. C.* New York: Science History.

Finlayson, J. (1892). Bibliographical Demonstrations of Classical Medical Writers – Galen. *British Medical Journal 1*: 573, pp. 730 – 771.

Forster, E. M. (1961). *Alexandria, A History and a Guide.* Garden City: Anchor.

Galen. *On Medical Experience*. Translated by R. Walzer(1944). New York: Oxford University Press.

Galen. *On the Natural Faculties*. Translated by A. J. Brock(1963) . Loeb Classical Library. Cambridge: Harvard University Press.

Galen. *On Anatomical Procedures*. The Later Books. Translated by W. L. H. Duckworth (1962). Cambridge: Cambridge University Press.

Galen. *On the Usefulness of the Parts of the Body*. 2 Vol. Translated by M. T. May (1968). Ithaca: Cornell University Press.

Gibbon, E. (1910) . *The Decline and Fall of the Roman Empire*. 6 Vol. New York: Dutton.

Graubard, M. (1964) . *Circulation and Respiration*. New York: Harcourt, Brace and World.

Green, R. M., trans. (1951) *Galen's Hygiene*. Springfield, Ill. : Thomas

Greene, W. C. (1933) . *The Achievement of Rome*. Cambridge: Harvard University Press.

Grunebaum, G. E. Von(1961). *Medieval Islam*. 2nd Ed, New York: Phoenix.

Hadzsits, G. D. (1963). *Lucretius and His Influence*. New York: Cooper Square.

Hall, M. B. (1971). *The Pneumatics of Hero of Alexandria. A facsimile of the 1851 Woodcraft Edition*. New York: American Elsevier.

Hamilton, E. (1957). *The Echo of Greece*. New York: Norton.

Harris, C. R S. (1973). *The Heart and the Vascular System in Ancient Greek Medicine from Alcmaeon to Galen*. Oxford: Clarendon.

Haskins, C. H. (1923). *The Rise of the Universities*. New York: Smith.

Haskins, C. H. (1924). *Studies in the History of Medical Science*. Cambridge, Mass. : Harvard University Press.

Haskins, G. H. (1927) . *The Renaissance of the Twelfth Century*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.

Haskins, C. H. (1927). *Studies in the History of Medieval Science*. Cambridge, Mass. : Harvard University Press.

Hitti, P. K. (1946). *The Arabs, A Short History*. Princeton: Princeton University Press.

Horgarth, D. G. (1897). *Philip and Alexander of Macedon*. London: Murray.

Holmyard, E. J., ed. (1928) . *The Works of Geber, Englished in the Year 1678 by Richard Russell*. London: Dent.

Holmyard, E. J. (1957). *Alchemy.* Harmondsworth: Penguin.

Jones, D. E. H. (1971). The Great Museum at Alexandria: Its Ascent to Glory. *The Smithsonian Magazine, Dec. 1971*: 53 – 60.

Jones, D. E. H. (1972). A Final Creative Gasp and the Museum Fell. *The Smithsonian Magazine, Jan. 1972*: 59 – 63.

Kibre, P. (1948). *The Nations in the Medieval Universities.* Cambridge: Harvard University Press.

Kibre, P. (1962). *Scholarly Privileges in the Middle Ages.* Cambridge: Harvard University Press.

Kilgour, F. G. (1957). Galen. *Sci Amer, 196*: 105 – 114.

Latham, R. E. (1951). *Lucretius, on the Nature of the Universe.* London: Penguin.

Leach, A. F. (1915). *The Schools of Medieval England.* London: Methuen.

Levey, M. (1966). *The Medical Formulary of al – Kindi.* Madison: University of Wisconsin Press.

Lewis, B. (1960). *The Arabs in History.* New York: Harper Torchbook.

Lloyd, G. E. R. (1973). *Greek Science After Aristotle.* New York: Norton.

Lucretius. *On the Nature of Things.* Translated by H. A. J. Munro (1929). London: Bell.

Majno, G. (1975). *The Healing Hand : Man and Wound in the Ancient World.* Cambridge, Mass. : Harvard University Press.

Major, R. H. (1954). *A History of Medicine,* Vol. 1. Springfield Ill. : Thomas.

Momigliano, A. D. (1975). *Alien Wisdom: The Limits of Hellenization.* Cambridge: Cambridge University Press.

Nasr, S. H. (1968). *Science and Civilization in Islam.* Cambridge, Mass. : Harvard University Press.

Nasr, S. H. (1964). *An Introduction to Islamic Cosmological Doctrines.* Cambridge, Mass. : Harvard University Press.

Nasr, S. H. (1964). *Three Muslim Sages: Avicenna, Suhrawardi, Ibn 'Arabi.* Cambridge, Mass. : Harvard University Press.

Nordenskiold, E. (1935). *The History of Biology.* New York: Tudor.

Onians, R. B. (1973). *The Origins of European Thought.* New York: Arno.

Oman, C. (1924). *A History of the Art of War in the Middle Ages.* New York: Houghton, Mifflin.

Parsons, E. A. (1952). *The Alexandrian Library: Glory of the Hellenic World.* Amsterdam: Elsevier.

Pirenne, H. (1936). *Economic and Social History of Medieval Europe.* Translated by I. E. Clegg. London: Paul, Trench, Trubner.

Pliny. *Natural History.* 10 Vol. Translated by H. Rackham, W. H. S. Jones, and D. E. Eichholz(1956 – 1966). Loeb Classical Library. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Postan, M. (1959). Why was Science Backward in the Middle Ages?, in *A Short History of Science: Origins and Results of the Scientific Revolution, a Symposium.* Garden City: Doubleday Anchor.

Rashdall, H. (1936). *The Universities of Europe in the Middle Ages.* Oxford: Clarendon.

Sarton, G. (1927). *Introduction to the History of Science.* Baltimore: Williams and Wilkins.

Sarton, G. (1954). *Galen of Pergamon.* Kansas: University of Kansas Press.

Sarton, G. (1959). Forgotten Men of Science. *Saturday Review 42*: 50 – 55.

Siegel, R. E. (1968). *Galen's System of Physiology and Medicine. An Analysis of his Doctrines and Observations on Bloodflow, Respiration, Humors and Internal Diseases.* Basel Karger.

Siegel, R. E. (1970). *Galen on Sense Perception. His Doctrines, Observations and Experiments on Vision, Hearing, Smell, Taste, Touch, Pain, and their Historical Sources.* Basel: Karger.

Singer, C. (1956). *Galen on Anatomical Procedures.* Oxford: Oxford University Press.

Singer, C. (1957). *A Short History of Anatomy from the Greeks to Harvey.* New York: Dover.

Singer, C. (1958). *From Magic to Science.* New York: Dover.

Smith, A. E. and Secoy, D. M. (1975). Forerunners of Pesticides in Classical Greece and Rome. *Journal of Agricultural and Food Chemistry. 23*: 1050 – 1055.

Temkin, O. (1973). *Galenism: Rise and Decline of a Medical Philosophy.* Ithaca: Cornell University Press.

Temkin, O., and Straus, W. L. (1946). Galen's Dissection of the Liver and of the Muscles Moving the Forearm. Translated from *Anatomical Procedures. Bull. Hist. Med. 19*: 167 – 176.

Thompson, J. W. (1931). *Economic and Social History of Europe in the Later Middle Ages(1300 – 1530)*. New York: Century.

Thorndike, L. (1964). *A History of Magic and Experimental Science during the First Thirteen Centuries of Our Era*. 8 Vol. New York: Columbia University Press.

Thorndike, L. (1940). Elementary and Secondary Education in the Middle Ages. *Speculum 15*: 400 – 408.

Thorndike, L. (1965). *Michael Scot*. London: Thames Nelson.

Walsh, Jr. (1930). Galen's Second Sojourn in Italy and his Treatment of the Family of Marcus Aurelius. *Medical Life*, Vol. 37, No. 9, Series 120.

Wethered, H. N. (1937). *The Mind of the Ancient World, A Consideration of Pliny's Natural History*. New York: Longmans, Green.

Whetham, W. C. D. (1932). *A History of Science and Its Relations with Philosophy and Religion*. London: MacMillan. White, A. D. (1896). *History of the Warfare of Science with Theology in Christendom*. New York: Appleton.

White, L. (1940). Technology and Invention in the Middle Ages. *Speculum, 15*: 141ff.

White, L. (1968). *Dynamo and Virgin Reconsidered: Essays in the Dynamism of Western Culture*. Cambridge: MIT Press.

Wickens, G. M. (1952). *Avicenna: Scientist and Philosopher*. London: Luzac.

90 Wilson, L. G. (1959). Erasistratus, Galen and the Pneuma. *Bull. Hist. Med. 33*: 293 – 314.

Winter, H. J. J. (1952). *Eastern Science*. London: Murray. Wright, F. A. (1932). *A History of Later Greek Literature*. London: Routledge.

第四章　文艺复兴和科学革命

一　文艺复兴

文艺复兴，按原文字面上的理解是“再生”的意思。这个时期被称作是发现了现世及人的年代。有些说法简单地把这个时期的开始定在1453年5月29日土耳其人攻陷君士坦丁堡之日。事实上，这段时期应从1300年起到1650年为止。造成欧洲的文学、社会、经济和政治发生复杂变化的因素很多，不能单纯归于某一些原因。在十二世纪末期，中世纪的封建制度和神圣罗马帝国等的社会结构，以及某些权威的概念，如宗教的统一性，禁欲主义的高贵性，教皇的绝对权威……都已经进入腐朽的时期。商业的重新兴起，城市的产生，有声望学术保护人的作用，以及火药和印刷术的发明等等，都是促进文艺的复兴和科学进步的重要因素。在重新得到重视的古希腊思想影响下，生物学和医学也获得了进步。这种思想认为，人的身

体确实是非常美的，是值得研究的；自然界是复杂的，但它受到某些自然规律的支配。随着新大陆的发现，那里的一些新的动物和植物当然是古希腊的希波克拉底和盖仑所绝对不知道的，这便使当时只知对照古本的生物学家们罔然不知所措。

从许多方面来看，文艺复兴是联系中世纪和现代社会的天然桥梁，也是中世纪发展的自然的顶点。尽管在这个时期物质的和文化的发现是很丰富的，但是在知识阶层的兴趣上，与过去相比，仍无甚突破。在思想爱好上，与中世纪人们对神学的迷恋相反，"人文主义"在这个时期占了优势地位。虽然人文主义者也像中世纪有害的经院派学究一样，过分迷恋于书本知识，但是，他们的兴趣更多的是在人世间而不是
92 在天堂里。人文主义者关心古代的经典著作，喜爱自然，并且认为人和社会的关系与人和上帝的关系一样，也值得研究。伟大的科学革命的领导人如维萨里、哥白尼和哈维，更可能是把自己看作是恢复原来亚里士多德和盖仑的思想的学生，而不是看作完全冲破旧思想的革命者。

中世纪的某些学者很欣赏古希腊和罗马时期的文化。不过，他们也只是在有限的领域内接触到一些拉丁和古希腊的经典著作。大部分珍贵的原文都被扔在修道院和大教堂图书馆的角落里，失去了应有的作用。博克卡奇欧 Boccaccio 发现有些珍贵的手稿，不是被人忽略而霉烂，便是被残缺不全地当做祈祷的诗句或作为护身符。在君士坦丁堡被攻陷以前，人们曾抢救出来一些书籍，这些书后来被送到意大利。直到现在，那儿仍很好地收藏着许多古希腊的手稿。希罗多德 Herodotus[①]、修昔的底斯 Thucydides[②]、波利比士、德谟斯塔

① 希罗多德(公元前 484? - 425?)：希腊历史学家。

② 修昔的底斯(公元前 471? - 400?)：希腊历史学家，雅典将军。

利斯 Demosthenes、亚里士多德、厄里庇得斯 Euripides[③]和其他人的原作，被意大利的贵族和教士们视为珍贵的财富。真正的学者并不满足于拉丁译文，他们追求的是获得希腊文原著。意大利学者把古罗马的文学和艺术作为他们古代的光荣，并以此而自豪。

在一个世纪内，人文主义者成了影响西欧思想界的主要因素。他们给非宗教性的学术界带来了几个世纪以来所梦想不到的声望。他们作为教皇、皇族的秘书和顾问，对宗教界和非宗教界人士都有影响。他们对艺术、文学和政治比对纯粹的科学更为关心，但他们的新观点也同样地符合科学发展的需要。

然而，纯粹地运用智力并不是促使欧洲发生变化的唯一因素，1348 年在各地发生的鼠疫病夺去了当地占人口四分之一到二分之一的人的生命，在社会组成广阔的变化中起了重要作用。确实，这场灾难后发生的普遍混乱，在摧毁中世纪的封建制度上起了某种作用。鼠疫病使农民和贵族同样地死亡，导致劳动力的缺乏和土地所有权的更换。农民暴动遍及整个欧洲。贸易和探险活动也有所增加。城市随着货币经济的发展初具现代城邦的雏型。银行和开矿业以前所未有的规模发展着。贸易的发展导致葡萄牙人发现了到达印度的海上通路，并发现了美洲。

印刷术和火药

在中世纪末期，使用了印刷术和火器，这和在青铜时代末期引入铁器和字母一样，都具有很大的影响。蒙古人入侵后不久，在罗吉尔·培根的一封信中 1249 就提到了火药。火药，也许还有火器，是通过蒙古人传到欧洲来的。在欧洲，第

③ 厄里庇得斯（公元前 485? – 406?）：希腊戏剧家。

93 一次提到大炮是在 1325 年，而 1327 年就出现了大炮的图画，这是一个花瓶形状的装置，能够发射带箭头的炮弹。火药和火器强烈地冲击着封建社会的基础，豪富人家的骑士和设防的城堡不再是无敌的了。军事的实力逐渐地集中在那些能够控制生产火药和大炮人们的手中。这样，在十六和十七世纪，火器的发展促进了一些专制的君主国家的兴起。

蒙古人把造纸术和印刷术从中国传到了欧洲，他们还带着一些中国印刷物的样品。在蒙古人入侵后不久，欧洲就出现了纸牌。在欧洲，刻版印刷似乎是 1289 年在腊万纳开始的。压印技术实际上是非常古老的，巴比伦人把字母印在砖瓦上，有许多其它的文化是把花纹字母压印在硬币、陶器、布帛和书籍的封面上的。压印还可用作文件的封印。八世纪时，中国和日本已经懂得了木头和金属的刻版印刷。在十一世纪，中国已经使用木制的活版印刷。但是，这种分开的和可活动的印刷方法对于中国的书写系统来说，显然不如西方拼音文字有利。1403 年，朝鲜人首次使用金属的活字版印刷。

在欧洲，目前所知的最早用活字印刷的文件是 1454 年由古登堡 J. Gutenberg 印刷的一封延期付款的信件。虽然在今天他的名字几乎成了早期现代印刷术的同义词，但是他所做的很可能只是改进了别人发明的技术而已。古登堡 1400年生于美因兹一个富裕的家庭里。由于他的父亲是姓吉斯弗兰西 Gensfleisch 意思是“鸡皮疙瘩”，因此他宁愿用母亲的姓。在斯特拉斯堡时，他似乎已经进行过切削和铸造金属活字的试验。关于他的印刷业务的明确记录可以回溯到 1450 年 8 月 22 日。当时他与一个有钱的金首饰商福斯特 J. Fust 签订了一份契约，古登堡以他的印刷所作保证从福斯特处得到了一笔八百盾的贷款。1455 年由于还不出所借的贷款，他的印刷所给福斯特没收了。1456 年，古登堡借钱又办了另一个印刷

所。这一次他印出了有名的古登堡圣经 Gutenberg Bible。在拿骚的阿道夫 Adolf 攻击了美因兹这个城镇以后，印刷工人们逃到了欧洲各地。到 1463 年，在斯特拉斯堡、科隆、巴塞尔、奥格斯堡、纽伦堡和乌耳姆等地，都有印刷工人们在工作。古登堡自己由于经济问题而逃到了爱尔特维勒。到那儿不久，死亡使他摆脱了满身的债务。

尽管有些人抱怨印刷品比手抄本粗俗，而有些势利的小人则担心文化的普及会蕴藏着颠覆的危险性，但是，书本还是很快地一大车一大车地送到了渴望着的读者手中。巴塞尔的一位读者曾写信给他的朋友，问他是否需要即将到达的新书。信上写道："如果您需要的话，请即来信，并汇钱来。因为这样的货物一到，每本书至少会有三十个买者。他们只问一 94
下价钱，便把书一抢而空了。"[1]

不能说文艺复兴是由于印刷术而产生的，因为早在印刷术产生一百五十年前，文艺复兴已在意大利开始了。但印刷术的发展确实加速了文艺复兴运动，并且加快了它在北欧的发展。印刷术使人们更容易获得书本，并且普及了文化。它不仅对学术著作的交流来说是重要的，而且对需要量更大的用本国话写的更普及的著作来说，也是很重要的。莫尔 T. More 爵士估计在十六世纪初，百分之四十的英国人能够阅读。这意味着印刷术为启蒙运动、为英国和法国的革命以及为民主运动开辟了道路。但是，也有人说印刷术是"直到我们的时代为止，仅次于言语的最方便的传播无知的工具"。[2]

艺术和解剖学

在文艺复兴时代，生物学的进步主要是在植物学与解剖学上。医学与艺术的发展都需要精确的解剖学知识。当时，在艺术上出现了一种新的倾向，强调精确地再现自然，科学地应用透视，而首要的是出现了这样一种观点：人体是美丽的，

是值得研究的。

文艺复兴时代伟大的艺术家们把人体看作是上帝创造的最完善的杰作。对他们来说，仅有人体外部的知识是不够的，他们还想知道肌肉和骨骼的运动以及它们和身体内部的联系。为了使他们的作品达到现实主义的高度，许多艺术家转而学习解剖学。他们相信对尸体的解剖有利于更真实地表现生命体。达·芬奇 L. da Vinci 是一位出类拔萃的学者，他是画家、建筑师和解剖学家。在艺术和科学工作的实践上，他是一位多才多艺的发明家。但其他一些文艺复兴时代的艺术家也同样热心地钻研自然界。杰尔图 Giotto 是第一个在艺术上掌握忠实地再现自然原则的画家。拉斐尔 Raphael 1483－1520、蒂希安 Titian 1477－1576、波堤切利 Botticelli 1444－1510、丢勒 Dürer 1471－1528 和贺尔拜因父子 Holbeins 1465?－1524 和 1498?－1543 得出了一种精确而认真地观察自然的新方法。达·芬奇所不喜欢的米开朗琪罗(Michelangelo, 1475－1564)也是一个卓有多方面才华的艺术家——雕刻家、画家、建筑师和诗人。他像芬奇一样，为人文主义精神所鼓舞。他认为为了尽可能精确地表现人体，完全有必要用关于肌肉系统和内部器官的解剖知识来指导艺术创作。画家、雕刻家、佛罗伦萨 Florence 第一流的艺术教师弗罗切欧 Verrochio 1435－1488 坚持要他所有的学生都学习解剖。这种学习包括研究浅层解剖和去掉皮层的躯体的形态、结构，以认识下面的肌肉系统。为了更精确地描绘自然，艺术家也进行动物解剖，在大学里参加公开的解剖演示，或到私人处上解剖课。

芬奇 Leonardo da Vinci　1452－1519：文艺复兴时代的完人

芬奇的笔记表明他超越了时代有几百年。设想下列的情况是很吸引人的：如果他大量发表了或者甚至完成了他为自

已制定的雄心勃勃的计划，他也许会使科学的几个领域发生革命性的变化。虽然当时确有许多杰出的人物，但芬奇显然大大地超过他们，因此，如把他称为那个时代一般的优秀人物的典型，似乎还低了一点。他的著作表明了即便在十五世纪，只要有合适的条件，一个具有无比天才的人物可以做出多么伟大的事业。

芬奇是佛罗伦萨的一个律师皮埃罗 S. Piero 和一个农妇卡塔琳娜 Catarina 的私生子。他从小是由祖父母带大的。他的父亲虽然结过四次婚，但是直到芬奇约二十岁时，他还是个独生子。皮埃罗的第四个妻子给他生了约一打的孩子。十四岁时，芬奇跟弗罗切欧当学徒。在以后的十年中，他逐渐被人认为是个杰出的艺术家并且赢得了有钱有势的梅迪西斯 Medicis 的保护和资助。从那以后，他就过着一种孜孜不倦的传奇式生活：为各个不同的保护者效劳；被告发为同性恋爱者；无数次地开始某项雄心勃勃的计划，但很快又半途而废。他的天才是毋庸置疑的，但他的许多计划却都没有完成。他的实际成就与潜在能力相比是相当微小的。除了许多激动人心和富有革新精神的建筑方案草图和计划以外，他没有留下一个完整的塑像，一部完整的机器，或者一本写完了的书。他的五千多页笔记和草图也一点没有留传于他的同时代人的手中，而只是默默无闻地搁置了几个世纪。出现这种情况与芬奇习惯于用左手、用一种镜影字体来记他的秘密笔记有关。

芬奇虽然不是一个真正的自然科学家，但他认为艺术的基础应建立在研究自然科学上。这使他比许多同时代的“科学家”更接近于科学方法的现代概念。他观察着自然的细节及其变化。他的思想不停顿地从天文学转到解剖学，从音乐转到机器。他认为地球可能是围绕着太阳转的，这个思想也许曾引起过哥白尼的注意。他对音乐和画图的研究导致了关于声波和

光波的猜想。在更切合实际的一些场合，他描述了可以用年轮来确定树木的年龄，并且还论述了化石贝壳的本质。

由于艺术创作的需要，他首先研究人体的浅层解剖，而后再自然而然地进行人类大体解剖学的研究，进行比较解剖学的实验。通过解剖和实验，他相信他将能揭示支配人类运
96 动、甚至是支配人类生命的机制。他以一个艺术家的身份开始研究解剖，但却以一个自然科学家的身份来继续这种研究。他不停留于把解剖学的知识应用于艺术上，而认为它本身就是值得研究的一门科学。只要有可能，他就参加公开的解剖演示，他还曾得到允许在佛罗伦萨的一所医院里研究尸体。另外，他还可能通过秘密的盗墓者来补充他的研究材料。他至少解剖过三十具人的尸体。他曾有趣地对一个七个月的胎儿和一个活了一百岁的老人的尸体做解剖，比较对照。这样的研究与他偏爱独一无二、荒唐怪诞的性格是一致的。

芬奇做了许多关于肌肉及肌肉群的模型，通过研究了解肌肉的活动。他发展了心脏活瓣的模型，并且进行了活体解剖来研究心脏的跳动。例如，他切开猪的胸壁，用大头针撑开切口观察心脏的跳动。他虽然认识到心脏实际上是一块非常有力的肌肉，但总的来说，他还是接受了盖仑有关血液循环的观点，也包括想像中的位于心脏中隔上微孔的概念。

芬奇的方法并没有都被人知道。他是第一个用热蜡注入脑室空腔制成蜡制脑室模型的人。当蜡凝固以后，就有可能对这精细的组织进行仔细的解剖。他创建了连续切片法，并且发展了其它的关于研究软组织的技术。如在研究眼睛时，为了便于工作，他把眼球浸在蛋白中，然后加热。蛋白凝固后，便可用连续切片来了解眼睛的构造了。为了艺术，也为了科学，他解剖过飞蛾、苍蝇、鱼、蛙、鳄鱼、鸟、马、牛、羊、熊、狮

子、狗、猫、猴子、鸡胚和小牛。自亚里士多德和盖仑以来，这类研究还是第一次。他认真地开发了比较解剖学的有利条件。虽然他的计划从来也没有完成过，但是他在米兰 Milan 建造斯福塞 L. Sforza 骑士雕像的计划，使他精密地研究了马的形象，并对马和人的四肢及运动进行比较。

正像他的其它许多计划一样，芬奇那庞大的人体解剖著作也未能完成。他去世后，手稿散失在各个图书室中，有的也许丢失了。有许多解剖学的研究在他死了几百年后还是无人知道。有一些虽未被发表过，但还是给人知道了。亨特 W. Hunter 知道在温莎 Windsor 的国王图书室里有芬奇的手稿，并且如他在 1782 年宣布的他已获准出版这些手稿。但他还没来得及做这件事就去世了。芬奇可能已经间接地影响了解剖学，但他的绝大部分的工作仍是个尚待揭开的秘密。他充分地具有一个伟大科学家所必需的好奇心和技艺，但不知怎么，他却缺乏不屈不挠的坚持性，不能充分地利用他的精力来产生与他天才相当的巨大影响。

文艺复兴时期的解剖学 97

在文艺复兴时期，人们对医学和艺术的概念与现在的完全不同。当时，这些领域是这样紧密地联系在一起，以至于在佛罗伦萨，艺术家、医生和药剂师都是同一个行会的成员。真正的解剖图出现在十六世纪。当然，再古一些的书上也已经有了这种图画。但是，这些画一般都是尸体解剖的外形、“受伤的人”，以及占星术的图画。在解剖学教科书上的那些最早的画，往往充满艺术性而缺乏准确性，是稀奇古怪的而不是一目了然的。当兴奋激动的人们掀开了皮肤显示出内部的器官时，课文上却漫不经心地谈起些别的事情。甚至像芬奇这样一个身兼科学家和艺术家品质而具有敏锐观察力的天才人物，仍然常有错误的观察和解释。随着第一手观察机会的增加，有些人

抱怨那些错误的描绘将会把学生引离真实的解剖。

在中世纪后期和文艺复兴前期尽管社会有了一些进步，但是，进行人体解剖甚至即使是观察人体解剖的机会仍很稀少。即使在进行公开的解剖实验时，在那种刻板的形式下，人们几乎不能得到任何新的发现，一般的学生要去进行创造性的研究也不会受到鼓励。按照经院模式训练出来的教授，他本人并不亲自动手进行解剖，他只动口宣读盖仑的有关论述，而由助理人员按照他所读的内容进行尸体解剖。如果教授的朗读和助理人员的操作是同步合拍的，学生们还能看到一些如教授描述的器官。但是，在这拥挤得像竞技场一样的房间里，由没受过教育的助理人员进行操作，即使这一点也很难做到。因此一般的学生宁愿进行所谓学术上的争论，也不愿观看这种实际的实验演示。

文艺复兴时期的解剖学家们并不是重演亚历山大时期人体解剖实验的第一批欧洲人。因为早在十三世纪初期，这些实验在意大利的大学生中就习以为常了。腓特烈二世皇帝规定医学院学生必须至少参加两次解剖。而实际上这对获得解剖学的经验来说并没有起到什么作用。医生和技术人员使用的工具非常原始，他们仅仅用一把刀切开腹腔和胸腔，显示一下内部的器官。在短暂地看了一眼这些乱七八糟、血肉模糊和已在腐烂的器官以后，就算对肌肉、神经和血管都已学习过了。这种实验对没受过教育的解剖人员来说是太困难了，而对学生来说则只会使人厌烦而不能学到什么新东西。甚至文艺复兴时期的学生也宁愿喜爱医务界的盖仑主义者与亚里士多德派的哲学教授之间所进行的争论。当时的神学教义并没有直接禁止解剖实验，但它对解剖学的发展确实起着一种压抑的作用。

文艺复兴时代的解剖学家为许多问题所困扰。最大的问

题也许是缺乏尸体；同时也缺乏可信赖的教师来指导他们的工作；而一旦得到了可利用的材料时，往往又缺乏得心应手的工具来进行研究。再者，更因为当时还缺乏关于身体各部分器官名称的标准术语，以致他们所作的任何观察都很难于与同行们交流。关于解剖的描述，是用希腊语、拉丁语、阿拉伯语和本国语言混乱地写成的。同一个器官有着许多不同的名字，而同一个名字又可能代表着几种不同的器官。

十六世纪的人文主义者排斥了中世纪的和阿拉伯的学术观点，大大地促进了解剖学的进步。至少亲手作过一些解剖实验的权威学者蒙迪诺 M. dé Luzzi 约 1275－1325 也连同他的被广泛使用的教科书一起被否定了。但这并没有立即导致创造性的研究。因为人文主义者也宣称盖仑是关于人类解剖知识的最伟大的源泉，他们所以抛弃蒙迪诺和其他的人，是因为他们歪曲了盖仑的卓越成就。到 1500 年，失传的盖仑著作《论身体各部分的作用》已经出版。这个版本适合于学生使用，它开创了把每个器官的功能与解剖学的解剖连在一起讨论的先例。巴黎的一位教授金瑟 J. Guinther 1487－1574 出版了盖仑《论解剖过程》的拉丁文译本。这个再发现和金瑟对盖仑的评论，导致了解剖学进入一个盖仑最受尊敬的时期。文艺复兴时期伟大的解剖学家维萨里曾帮助金瑟编写他的课本《按照盖仑的见解为医学院的学生制定的解剖制度》。

二　维萨里：解剖学的革新者

Andreas Vesalius 1514－1564

维萨里把他的著作《人体的构造》1543 看作是自盖仑以来解剖学上的第一个进展。实际上，维萨里所进行的人体解

剖研究是紧接着盖仑而予以深入和发展的。他主要的革新之处正是直接地观察人的身体，而不是研究盖仑的书本。当时这个古代的解剖学权威盖仑的威望是这样的显赫，以致于当他的描述和尸体的实际状况不相符合时，这种现象就会被说成是自从他的那个时代以来，在人体身上发生了变化，或者是产生了畸形。这样，人的大腿骨在盖仑描述它的时代曾经是弯的，而后人穿裤子使它变直了。西尔维斯 J. Sylvius 1478－1555 维护盖仑关于人类胸骨是由七块骨头组成的描述，说因为在以前英雄辈出的时代，那时人们的胸膛比现在已退化了的人种可以容纳更多的骨头。

十六世纪是解剖学和医学进步的转折点。虽然现代西方医学的基础是建立在解剖学上的，但这并不是医学发展唯一可能的途径。在中国，内科医生对内科技术虽然非常精通，但他们对解剖则很少感兴趣。伊斯兰教徒们也认为医学应该处理的是疾病和引起疾病的原因，而不是人体的结构。基督教
99 会没有完全禁止尸体解剖，而信伊斯兰教的国家，却和中国一样，确实有反对人体解剖的禁令。

在叙述维萨里的生活和工作以前，应该记住解剖学本身是不能解决有机体功能问题的，解决这个问题的先决条件是化学的发展。维萨里的一个特殊的同时代人巴拉赛尔苏斯 Paracelsus，是个化学家和内科医生，他就看不起解剖学的实践。这样，对生物学的发展来说，虽然存在着许多其它道路，而在当时，维萨里的道路却是人们最适合的。这种情况一直延续到十八世纪末期。

维萨里是少有的结合了学者和科学家两种气质的人。他是一个成熟的艺术家、人文主义者和博物学家。他的伟大著作《人体的构造》发表于 1543 年——和哥白尼天文学方面的革命性著作同一年。哥白尼和维萨里都抛弃了传统的腐朽知

图 4－1　维萨里的木刻像

引自 J. B. de C. M. Saunders 和 C. D. O' Malley《维萨里著作中的插图》克利夫兰世界出版公司　1950

识，试图把近代科学提高到至少像古希腊已达到的水平。维萨里尽管抛弃了盖仑的错误，他却具有和他前辈共同的愿望：用结构和功能来说明身体的活动，以此来阐明伟大工匠——造物主——的杰作。

维萨里生在比利时布鲁塞尔一个医生家庭里。他父亲是
100 查理五世 Charles V 的药剂师，常常随同皇帝外出旅行。还在很小时，他就通过解剖老鼠、鼹鼠、猫、狗和鼬鼠来学习比较解剖学。虽然他在巴黎和卢万的以保守著称的学校里读书，但他那与生俱来的好奇则克服了令人窒息的教育的影响。西尔维斯对巴黎的解剖学有着决定性的影响，但他把重点放在盖仑的论述上，而不是放在创造性的工作上。他的教育方式是经院式的，他那本巨大的解剖学教科书也只是对盖仑著作的注解。维萨里虽然做过西尔维斯的助手，但他很快就与这个老师争论起来。靠着他自己的独立工作，维萨里获得人们这样大的尊敬，以至于他被医生和学生们邀请去作公开的解剖表演。在解剖时，他不仅演示了内部器官，而且还显示了肌肉、神经、血管和骨骼。

维萨里对那些医学教授越来越不满。这些教授只读过盖仑的书，而且只按经院传统来作解剖学讲演。维萨里经常与他们发生争执。在战时，他这种敌国侨民的危险身份迫使他不等到毕业就离开了巴黎。在卢万短暂的停留中，他解剖了一个十八岁少女的尸体。少女的伯父认为她是中毒身亡的。维萨里凭着他熟练的人体解剖知识，认为这女孩是由于腰带束得太紧而死的。这件事或许使维萨里在一段时间内改变了妇女服装的流行式样。由于对他公开解剖演示一事进行了报导，许多宫廷妇女回到家里就脱去了这些过紧的束腰带。

对卢万的解剖学家来说，最大的困难是获得人的尸体，因此尸体解剖的机会是非常稀少和偶然的，女尸尤其困难。

在1537－1542年间，维萨里自己只解剖过六具女尸。由于医学院学生需要观看人体解剖，教师有时候就会鼓励学生通过“非法途径”去搞到所需要的材料。早在1319年，就有四个医学院学生被控犯有盗墓罪。在整个学习期间，医学院的学生也许只能看见两次男尸解剖和一次女尸解剖，由此来获得启蒙知识。一般来说，骨学也是必修课。要获得一副完整的骨骼便全要靠学生的机灵了。在墓地上，勇敢的年轻人至少可以从凶猛的野狗嘴里抢得一部分对教学有用的材料。维萨里自己也叙述过，为了获得尸体，他本人不得不进行的这种冒险。有一次，他偷了留在绞刑架上一个犯人的骨骼。他把一部分骨头藏在大衣底下带进了城镇，藏在床底下。这样经过好多天才取得一副完整的骨骼。后来当维萨里出了名到处旅游进行解剖学的公开讲演时，便常常听到这种盗墓事件了。

听说宗教裁判所对他的异端活动很注意，维萨里便来到了帕多瓦 Padua。1537年12月他在医学院毕业以后，很快就 101
晋升为解剖和外科教授。在巴黎时，他曾打算改革学校的课程，但没有成功。帕多瓦大学是一所比较开明的学校，在这里维萨里进行了许多改革。其中最主要的革新是解剖和演讲同时进行，不需要助手。数百个听众参加维萨里进行的完全新型的解剖实验。他毫不掩饰对那些反动同行们的反感。他对学生们说，从一个肉店屠夫那儿也可以比从那些傻瓜教授身上学到更多的东西。他强调要重新观察人体，不应依赖于盖仑的结论，因为盖仑从来没有机会亲身解剖过人体。在1540年，维萨里装配了一副猿的骨骼和一副人的骨骼，进行了一次戏剧性的表演。单就骨骼系统，他就可以找出二百多个与盖仑所说的不同之处，在人类解剖学上，盖仑的这些论述都是错误的。

维萨里进行一次完整的解剖演示，需要从早到晚地连续

于三个星期，而蒙迪诺只要三天。相比之下，差别悬殊。为了最大限度地减少由于腐烂而造成的困难，解剖是在冬天进行的。一次实验要同时解剖好几具尸体，这样可以同时研究观察身体的不同部分及其相互联系。他使用了大型挂图来指导学生解剖。解剖先从骨骼开始，然后是肌肉、血管和神经。另一具尸体则用来显示腹部、胸部和脑部的器官。这就是他《人体的构造》一书的基本体系。为了改进解剖技术，维萨里还引进了许多新工具。其中有些是他亲自设计的，有些则是他向工匠们请教学来的。

像哥白尼使得关于宇宙——宏观世界的概念——起了革命性的变化一样，维萨里也影响了关于人——微观世界的——概念。虽然他在《构造》一书中仍然有些盖仑主义的错误，但是他终究接近了这样一个目标："真实地描写人体的构造，而不管这种描写与古代权威的观点有什么不同。"这部著作图文并茂，是对医学作出最伟大贡献的文献之一。当然，这种精神并没有为他的同时代人所普遍接受。他的工作激怒了那些盖仑的忠实信徒，他们谴责《构造》一书和它的作者。仇敌们甚至荒谬地控告他用活人来作活体解剖，以此为借口来反对维萨里。他以前的老师也称呼他是"疯子"。

在当时，甚至出版这样一种具有革命精神的著作都需要相当的勇气和独立思考的精神。巴塞尔的奥普吕纳斯 J. Oporinus 1507－1568 印刷和出版了《结构》一书，他还曾参加过其它一些危险事业。他担任过爱争论的巴拉赛尔苏斯的秘书，也是殉难的塞尔维特 Servetus 的保卫者和朋友，并为出版《古兰经》的拉丁文译本而坐过牢。

维萨里在受到了强烈反对后，决定放弃研究，退出学术界。和他的父亲一样，他也成了西班牙查理五世皇帝的御医，并把《构造》一书呈献给皇帝。一旦为皇帝服务以后，他就再

没有时间进行研究和写作了。查理身体虚弱，食欲却很好，又患“哈波斯堡颌症”Hapsburg jaw 和痛风病，对于他御医的医术来说，这简直是一种挑战。当比萨 Pisa 大学聘请他去担任解剖学教授时，查理五世不肯让他离去。1556 年，查理退位到一所修道院养老。维萨里被封为伯爵，得到了一笔年金，转而为皇位的继承者、查理五世的儿子菲利普二世 Philip Ⅱ服务。在这期间他还被请出去为其他一些宫廷效劳过。当法国的亨利二世 Henry Ⅱ比武受伤时，维萨里和有名的法国理发师—医生巴雷 A. Paré 1517 - 1590 也在被召集来的医生们中间。巴雷和维萨里都认为这个伤是致命的。另一个困难的病例是关于西班牙菲利普二世的儿子卡洛斯 D. Carlos 的。他在十七岁时，“曾为急匆匆地追赶一个女孩子，而从楼梯上摔下来，跌破了头”。[3] 维萨里发现西班牙医生们的水平低得令人无法相信。他们竟然决定用宗教魔术来拯救这个王子的生命。他们把圣人达埃各 Diego 的遗物放在卡洛斯的身旁，并叫三百个西班牙人半裸着身体游行。他们鞭打着自己以祈祷奇迹出现。英国大使认为不管外科医生们是怎样粗枝大叶地治疗，是王子自己强壮的体质救了他的命。[4]

菲利普二世对上帝十分虔诚，他也是一个阴沉的人。维萨里很不愿意为他服务，因为皇帝完全为他的忏悔神父所左右，不可能在此进行纯粹的科学研究。不久，维萨里感觉到宗教法庭已经认为他的革命性观点蕴含着极大的异端性。他渴望能回到学术界去，并希望能恢复他在帕多瓦大学的职位，因为他的继承人法洛比斯 Fallopius 已于 1562 年去世。按照历来的但却相当含糊的传说，维萨里被迫离开了宫廷，为了解剖“早产的”尸体而去巴勒斯坦耶稣圣地朝圣、赎罪。关于这次“解剖活人”的指责可能来自巴雷或法洛比斯，他们俩人都妒忌维萨里的威望。另一方面，维萨里也利用朝圣的借口

图 4－2　维萨里著作中的插图(1)　引自同图 4－1

逃避了菲利普宫廷里的敌对气氛。总之，他没有从朝圣地回来，而且也无人确切知道他逝世的原因和地点。

人体的构造

在《人体的构造》一书中，维萨里以一篇保卫科学的前言作为开头。他提醒人们注意两方面的危险：来自阻碍科学和艺术发展的障碍的危险，和来自过分专业化所造成的危险。他慷慨地对查理皇帝和帕多瓦大学说了一大堆赞扬的话，也 103
赞扬了威尼斯参议院对学术活动公正的支持。他的一些论述对现代的研究仍很有用。

书的第一卷专门论述支持整个身体的骨骼，第二卷论述“运动的执行者”——肌肉。很清楚，这两个部分都是十六世纪解剖学上最成功的部分。第三卷描述了脉管和动脉系统。静脉系统仍被认为是最重要的，尤其是当时社会上还习惯地应用静脉切开放血术。由于当时人们相信动脉和静脉的作用已经是非常清楚了，维萨里断言没有必要再用活体解剖来研究这些系统。显然，静脉是用来运送营养物质的。维萨里写道：“造物主创造静脉的基本理由就是让它们把血液输送到身体的各个部分，并且像渠道一样，身体的各个部分都可以从中吸取养料。”[5] 他知道在活的动物体内，动脉能够搏动、输送血液。但他却加强了普遍所相信的观念，即它们的作用是输送生命固有的热量和生命的灵气。第四卷专门论述神经系统。为了和盖仑的生理学观点一致，神经的作用被描述成是 104
传递知觉的灵气。对腹部的内脏器官和生殖器官的描述包含在第五卷中，写得相当好。第六卷叙述了胸部的内脏器官。在第七卷中，他描述了脑、脑垂体和眼睛。最后以动物的活体解剖一章总结全书。虽然他确实在动物身上进行过活体解剖，但并没有进一步从中发现新的生理学的现象。一般来说，他向学生们推荐这样的活体解剖练习，训练他们的手和感官，

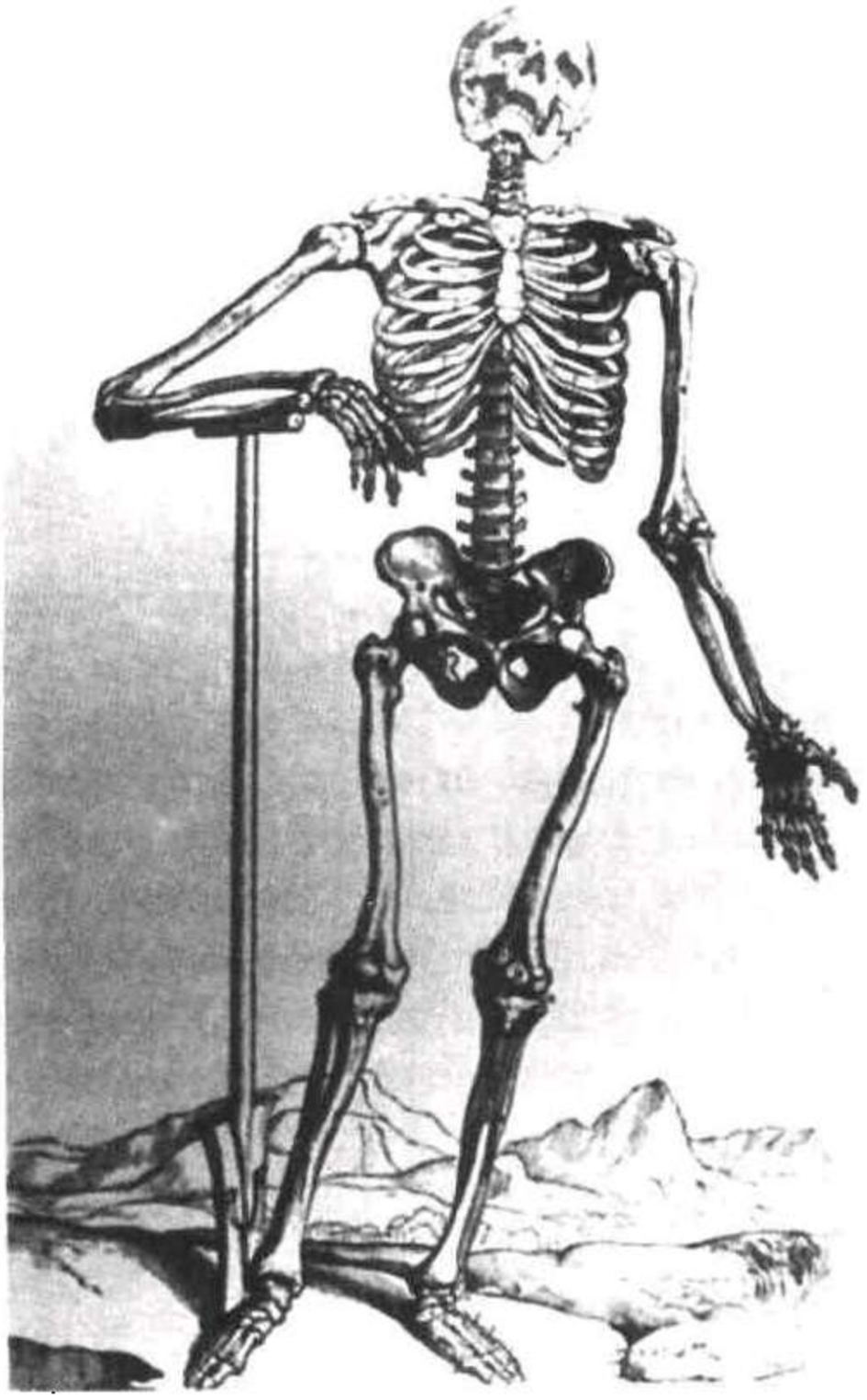


图 4－3　维萨里著作中的插图(2)　引自同图 4－1

以便适应于进行外科手术和使伤口愈合的需要。

《构造》一书是本适用于严肃的解剖学家使用的冗长的专题论著。为了便利学生们使用，维萨里同时还出版了这本杰作精练的节缩本，名叫《节录》。1555 年出版了《构造》的修订本和《节录》的重印本。《构造》一书及其插图，在维萨里生前，就未经作者同意一再被抄袭和重印。这种情况在他死后还延续了好几个世纪。虽然这对作者来说当然是不礼貌的，但从另一方面看，却明显地说明了他这部著作的优越性。

维萨里对生物学研究的发展有着深远的影响，然而他的直接影响仅局限于意大利。在保守的法国医学院校内，盖仑决定性的影响仍再延续了一个世纪。在德国，这个时期不停地进行着的宗教斗争，妨碍了在与人的本质有这么密切关系的领域中任何严肃的科学进展。帕多瓦大学的学术传统从维萨里一直传到法洛比斯、法布里修斯 Fabricius，最后在哈维的革命性工作中达到了顶点。是哈维，在他的关于心脏和循环系统的分析中，最后地取得了从观察形态结构到阐述机体功能这样一个巨大进步。

与他在解剖学方面的成功相反，维萨里在生理学方面，比起亚里士多德和盖仑来，并没有取得多大的进步。消化被模糊地解释成在腹腔内对食物的“烹调”；呼吸，是为了冷却血液。关于生殖与胚胎的观点也与亚里士多德相似。令人非常奇怪的是他不能正确地评价心脏与循环系统的作用。尽管他详细地描述了心脏的结构，也解剖了动脉、静脉和静脉瓣膜，但他还是接受了盖仑关于这些器官功能的观念。他在心脏的中隔上仔细寻找微孔，但始终未能找到。因此他认为这些微孔或是不存在，或是太小了，肉眼看不到。在《构造》第二版中，他虽然明确地表明不可能找到任何完全穿透中隔的通道，但是他并没有抓住这个异常之处来否定盖仑的系统，只

是仅仅对这难以理解的现象感到惊奇而已。

维萨里对解剖是这样的熟练精通，却又不能进一步理解各器官在生理上的重要性，这似乎是个欠缺之处。但是以这
105 样高的要求对待他似乎不太合理。关于循环的问题是如此紧密地与神学上“灵气”分配问题相连，因此，这不可能是个安全的研究课题。而且维萨里的言行已经引起了宗教法庭恶毒眼光的注意。但是我们也可以看出，维萨里虽然具有很强的分析能力。但却缺乏某种想像能力，所以不能正确地评价生物体的动态功能。

维萨里规劝他的学生和医生们，不要从盖仑的著作中去学习解剖学，只能从完全可信的人体这本书中去学习。他痛斥解剖讲课中“可恶的程序”。无知的助手在解剖尸体，而有学问的教授则“像个寒鸦，高高地栖息在椅子上，极端傲慢地
106 呱呱讲着那些他自己从来也没有亲身了解过的东西，……”。[6] 解剖学课程就是这样误人子弟地进行着，以致于一个医学院的学生从一个屠夫那儿也能比从教授那儿学到更多的东西!

维萨里对解剖学尽管有深刻的影响，但解剖学家们仍然把身体的结构看成如同盖仑所说的那样。这与难以得到人的尸体作解剖有关，解剖学家不得不经常使用与盖仑所用过的相同的动物来阐明他们所要研究的器官。当人们清楚地看到狗的肝是五叶时，尽管维萨里已经指出在人体内的情况并非如此，但他们仍与盖仑一样以为人的肝也有五叶。维萨里认为，盖仑的“神奇的迷网”很难在死了很久的人体内找到。在早期的研究阶段，他总是带着牛头或羊头，以证明尽管在人的脑部很难找到这种血管网结构，但在牛脑的基部确实可以找到。事实上，人的脑部并不存在这类结构。为此，维萨里在后来，也对自己年轻时对盖仑的这种轻信感到奇怪。

如果对盖仑的大多数错误并没有从解剖学中彻底地清

除出去感到难以理解，那么如果把文艺复兴时期的解剖学家比作一个现代的大学生，这种现象就容易理解了。这个大学生正在实验室里进行标准的"食谱式"的实验。他并不希望去发现任何新的东西。他做这个实验仅仅是为了复习或者验证已被肯定了的现象，或者是学习一种标准的实验程序。正是与这种情况相仿，文艺复兴时代的这些解剖学家在进行解剖实验时，也只是为了重新肯定一下他们从古代权威那里学来的东西而已。

三　文艺复兴时期科学的另一个侧面：炼金术

文艺复兴时期的生物学并非都是建筑在解剖学研究基础上的。事实上，另一类研究者完全否认解剖学，认为它与人体的健康和疾病、生和死毫不相干。这些神秘主义者和激进主义者埋头于古老的、模糊和神秘的哲学以及炼金术的技术之中。

我们今天所知的化学是建立在道尔顿的原子论基础上的。它是一门较为年轻的科学。而化学技术的根源却可回溯到最早期文明中制造玻璃、金属、胶结剂、香水、医药和酒精饮料等等的技术中。古代的苏美尔人掌握了制造玻璃"宝石"和伪金的技术。古代关于化学技术的记载指出，为了使那些模糊不清难以理解的过程标准化，要举行复杂的仪式。冶金术是化学最重要的源泉之一，人们把矿石熔炼成金属的过程被解释为是把矿石变成了金属。这样，制造青铜和铁、提纯黄金和白银等技术的进步，对掌握这种技术的社会来说，具有明显的经济上的重要性，也是强大实力的一个根源。因此，这

种冶炼过程通常是家族或行会间严格保守的秘密。

吸收和改革了原始化学技术及其所依据的哲学的炼金
107 士们，经常被人们认为是庸医、骗子和傻瓜而遭到非难。然而炼金士在生物学历史上却应占有一定的地位，因为他们是第一批企图对生物体进行化学分析的人。这并非全都因为他们是有理性的科学家或者是萌芽中的生物化学家，而是因为他们认为整个宇宙都是有生命的，他们并没有把研究范围限制在无机界。他们知识系统的基础是一种复杂、模糊和神奇的神学和哲学理论。但是他们的技术，包括蒸馏和升华技术，在对古代方法进行了改进以后，却还是相当先进的。

按照最基本的炼金术传说，贵金属的种子是藏在贱金属中的。如果知道了正确的条件和方法，就可以促使这些种子生长。普通的原料除了具有肉眼能够看到的已知性质外，还具有人们未知的其它性质。在这方面，炼金士是正确的。在寻找这些隐藏着的性质时，他们有时候也会得到有价值的产物。例如，在从葡萄酒中蒸馏出"精华"时，他们发现了一种烈性液体，这种液体可以"增强意识"。它和炼金士们制备的兴奋剂同样是有用的药物。

在巴比伦、中国、印度、希腊和穆斯林的文明中都有炼金士的哲学。炼金术并不是起源于经验的科学，而是起源于寻找一种能控制热情、婚姻、生长、死亡和使物质相互转变的方法。这样，伊利亚德 M. Eliade 把炼金术说成是"神圣的科学"。[7] 当不受宗教影响的实验化学萌芽以后，炼金术就失去了在当时社会中古老的"有用的"地位，没有理由再存在下去而让位了。

炼金术的传统产生了一个叫做菲利普斯·奥里欧勒斯·德奥弗拉斯特·博姆巴斯茨·冯·霍亨海姆·巴拉赛尔苏斯 Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Ho-

henheim Paracelsus 1493－1541 的滑稽而富有创造力的人。还好，人们习惯上把他的名字叫做巴拉赛尔苏斯，也许是表明他比赛尔苏斯更高明的意思吧。可能就是这个奇怪的人，引起了马洛 C. Marlow 产生写作《浮士德》的灵感。他是那些强烈地希望“通过化学使生活更美好”的人们最合适的祖先。

巴拉赛尔苏斯 Paracelsus 1493－1541

关于巴拉赛尔苏斯的早期生活，人们知道得很少。但是传说和流言蜚语却很多。他的父亲霍亨海姆 W. von Hohenheim 是一个贵族家庭的私生子，艾恩济德尔恩 Einsiedeln 的一个医生。他的母亲似乎是那里的一所教会医院的护士。传说巴拉赛尔苏斯本人也是某个贵族的私生子。他的母亲似乎遭到神经错乱的折磨最后自杀了。从画像和文字记载中可以看出他年轻时曾患过佝偻病，这在当时是种很普通的疾病。另外还传说他是一个不能生育的人，不知是由一帮喝醉酒的士兵造成的，还是由于受到一头野猪的袭击受伤后造成的。 108
总之，从更可使人相信的画像看上去，他总是显示出一副衣冠不整、酒后争吵的样子。

据说，他十六岁就进了巴塞尔 Basel 大学，但不久又成了维尔次堡的特力斯密史 Trithemius 主教的学生。他很快就对大学中经院式的教义感到厌烦，而宁愿跟着那位在修道院里建立一个实验室的修道院院长去学习炼金术。为了能学到更多冶炼金属的秘密，巴拉赛尔苏斯到提罗尔的一个矿场去当学徒。这个矿场的老板富格尔 S. Fugger 本人是个热情的炼金术士。为了探寻神秘的炼金学问。巴拉赛尔苏斯走遍了德国、西班牙、法国，还可能远至莫斯科、君士坦丁堡、以色列和亚历山大城。在旅行中，他访问大学，吸收在那儿可以吸收到的一切东西，联系那些被他认为是“玄妙科学”的专家——女巫、吉 109

图 4－4　维萨里著作中的插图(3)　引自同图 4－1

卜赛人、刽子手、理发师兼外科医生和赶马车的人。他可能没有正式获得过医学学位，但是却乐于进行成功的、即使是不稳定的私人行医。1526 年他回到瑞士，定居于斯特拉斯堡。在那里他治愈了伊拉兹马斯 Erasmus 的亲密朋友、出版商弗罗比纳斯 J. Frobenius 的病，一种很棘手的精神不安症。由于他们的推荐，他被任命为医学教授和巴塞尔的城市医生。在开业的医疗活动中他的成就非常突出。他使用简单而便宜的药物得到了显著的疗效。他嘲笑药剂师和别的医生"已被证明是可鄙的蠢驴"。更进一步，他通过降低药价，治愈那些使别的医生感到束手无策的病人并使那些医生丧失职业。

在大学里，他用硫磺和硝石焚烧了阿维森纳和盖仑的书籍，以此作为一种隆重的仪式来开始他的讲演。当然，这个行动深深地激怒了他的同行们，但却显示了他对古代教条的蔑视和对新化学医疗的信心。讲演时他穿着炼金士的皮工作裙而不是学院的长袍。他还打破常规，不用拉丁语而使用着本国的语言。反对他的势力变得如此强大，以致于他在巴塞尔大学只待了两年就被迫离开了。他好像是命中注定要过一种流浪生活似的。他把炼金术的装置安放在厨房里，炼出的药得到了神奇的治疗效果，结果又激起了新敌手的仇恨。他被迫再次逃离。最后，对炼金术也感兴趣的巴伐利亚的大主教恩斯特 Ernst 公爵邀请他居住在萨尔斯堡 Salzburg。当最后似乎是可以安定地生活时，他却突然神秘地死去了。这肯定不是自然死亡。他的朋友说他是一次蓄谋的敌对袭击的牺牲品，而他的敌人则说他死于醉后的一次事故。尽管他过着动荡的生活，但却是个多产的作家，他写了三百多篇著作，其中三分之一是有关化学的。

人们对巴拉赛尔苏斯有各种不同评价：从天才人物到江湖骗子；从医疗化学的奠基人到在科学史发展主流中作为一

个古怪而只值得稍为提一下的小角色。当然，要估计他的绝对价值和影响是不可能的，但他确实是一个巫师和医生，术士和科学家，骗子和具有先见之明的化学促进者等等这类人物神奇的统一体。他宣称“自然的魔法”可以使人隔山见物、越洋听声、进入未来、治愈一切疾病、制造黄金，甚至可以造出人类来。他说过，他曾经不是通过妇女生育而是从一只葫芦中培育出了一个侏儒。传说他还发现了“哲人石”，并将它镶嵌在他那把有名的宝剑柄上。在他死后，传说就更多了。格斯纳 C. Gesner[①] 把他的追随者称作巫师和魔法师。多恩 J. Donne 写道，巴拉赛尔苏斯执行着魔鬼的指令。到他的出生地去朝圣的人一直持续了多年。甚至在十九世纪五十年代奥
110 地利发生的一次霍乱大流行时，还有人去朝拜他的坟墓，祈求他的帮助[8]。巴拉赛尔苏斯被称作是“医学上的路德 Luther”。就像路德焚烧了罗马教皇的训谕一样，他也烧毁了阿维森纳和盖仑的书，打通了化学改革的道路。

巴拉赛尔苏斯在生物学和医学上的地位是不明确的。对他的评价之所以会有这么大的差别，也许是因为他被迫采用了晦涩难解和神秘玄妙的术语之故。这些术语与我们现在所用的是这样的不同，以致于我们不能用我们现在所用的语言来评价他。对巴拉赛尔苏斯来说，自然的魔法是理解自然及其规律的钥匙，而经院的学术传统却永远也无法教会他使用什么钥匙。“自然的魔法”，听起来与科学方法毫不相干，但是至少它是经验的艺术，它导致了一门新的实验科学的开始，而不像烦琐的经院哲学般仍然陷在进行无穷无尽而毫无用处争论的困境中。

在传统上，炼金术和星占学是与医学连在一起的，而医

① 格斯纳 1516－1565：瑞士生物学家、动物学家。

学本身便是一种艺术性的和神秘的科学，而不是一个推理性的和严谨的科学。星占学像用占星术算命一样一般用于预卜事物。但对巴拉赛尔苏斯来说，炼金术则以一种新的方法为人类服务。首先，炼金士能够用他们的技术制造新药；第二，炼金术可以为机体的生理功能提供一种新的化学的类比。他认为生命是个化学过程。对今天来说，这是一个属于普通常识范围的概念。但在当时这却是一个令人惊奇然而却是革命性的观点。在很长一段时期内，这个观点并没有成为生理学的主流。在当时，机械论的类比更容易为人们接受，而巴拉赛尔苏斯的观点则处在这门科学的外缘[9]。

新的疾病—新的药物

巴拉赛尔苏斯像化学家一样探索着生理学和病理学的奥秘，他否定了对待疾病的传统方法。他不像学院出身的医生们那样强调解剖学，因为他觉得这与生病过程毫无关系。由于他相信生命是个化学过程，因此必然地认为疾病是由于身体内部化学的缺陷造成的。由于他的生理学是以炼金术的概念为基础的，因此必然显得晦涩难解、神秘莫测。

当巴拉赛尔苏斯在与古代的哲学学派斗争时，可悲的自相矛盾之处是他必须提供一个新的体系来取代他所攻击的老体系。他的失败并非由于他没有努力尝试，而是因为包围着他的浓重的炼金术的神秘主义阻碍了他。尽管他企图改革炼金术的理论，但他所喜爱的这门科目内在的核心是这样的神秘离奇，以致于使他无法进行任何理性的系统化总结。古希腊的那些“元素”明显地不能适应于用来发展比较近代的 111
化学。但是除了炼金士们的工作以外，在当时没有任何其它更好的东西可以代替它们。巴拉赛尔苏斯认为有三种化学的本质：盐是固体的本质；硫是易燃性和可锻性的本质；而汞则是液体性、密度性和自然界中金属性的本质。要阐明这些不

同的本质，不能仅仅依靠冥思苦想，而需要通过应用炼金术的伟大分析工具——火，进行经验的探索。

按照巴拉赛尔苏斯的观点，任何生理过程基本上都是化学变化。这种变化是由"生基"archeus 即身体"内部的炼金士"来控制的。疾病是由于"生基"发生了机能错误，而死亡则是由于失去全部的"生基"。他告诫人们，可以像分析化学药品那样来分析人的疾病。他制定了一个把疾病按病因分类的大纲。这个大纲虽然主要是建筑在占星术概念基础上的，但确实也产生了很有用的结果。例如，他假定有一组与酒石酸有关的疾病，如痛风与关节炎，从而引进了一种新陈代谢疾病的概念。他认为痛风是由于一种原来应该排泄出去的代谢产物沉积在某处引起的。这样，发生这种疾病的原因实际上是体内化学发生了故障。巴拉赛尔苏斯似乎已经了解到甲状腺肿与呆小症之间的关系。他也许还是阐述职业病的先驱。他认为不同的疾病各由其特殊的原因所引起，因此应该用特殊的药物来治疗。这与流行的应用多种药物配成的混合剂"多用药"形成尖锐的对比。某些混合剂如普通的"万灵药"竟包含着六十多种不同的成分。药剂师们还喜欢把有害的物质如畜粪和尿以及昂贵的外来品如木乃伊粉、毒蛇肉、"单角兽"的角磨成的粉加入药中来装饰自己的药物，使它显得贵重。

通过提倡应用"纯粹的"药物而不是应用复杂的不确定的混合剂，巴拉赛尔苏斯指出了一条合理的化学药理学途径。在提纯药物和毒物时，炼金士们还研究化学药品能够少到怎样一种程度，仍然对治病有效。然而他们可能是根据某些占星术的概念，诸如把七个行星，七种金属和人体的各个部分相对应等等，在这些概念的指导下寻找有用的药剂。"植物外部特性学说"在寻找新药的努力中也能提供线索，这意味着自然界的物体被造物主打上了某些供人利用的标志。一

种黄色的药将用于治疗黄疸病，而一种心脏形状的叶子则被认为可以治疗心脏病。巴拉赛尔苏斯主义者信奉这句格言："烈药治烈病"。因此在治疗梅毒时，他们宁可选用大剂量的汞，而不用普通流行的但却毫无效果的"圣木"。

巴拉赛尔苏斯及其追随者为药理学引进了许多重要的矿物质。他们喜欢使用汞、锑、铅、硫、铁、砷、硫酸铜和硫酸钾。幸运的是病人在服用他们的药品时，往往还没来得及吸收足以致死的剂量就引起呕吐而免于一死。巴拉赛尔苏斯特别喜爱的两种药品是鸦片酊和乙醚。乙醚被他称作"甜矾"（由酒精和硫酸制得）。当时他已认识到乙醚具有麻醉作用，但是直到十九世纪四十年代，经过在人和鸡身上的试验以后，它才作为麻醉剂正式使用。

巴拉赛尔苏斯引进的许多概念已被证明，它对发展科学的药理学和把生理学作为化学过程来研究上是很有价值的。虽然他的观念建筑在炼金术和占星术基础之上，这种观念与现代真正的科学全然不同，但它们充满想像力和富有远见的特点仍然给人以深刻的印象。巴拉赛尔苏斯还鼓舞了其他研究者，这些人在下几章中我们将会遇到。在结束关于巴拉赛尔苏斯的讨论以前，我们不应该遗漏这样一个事实：盖洛普民意测验的资料表明，直到 1975 年，还有百分之二十二的美国成年人仍然相信占星术。[10]

注释：

1. W. Durant(1957). *The Story of Civilization.* Vol. 6. New York: Simon and chuster, p. 159.
2. Durant, p. 160.
3. C. D. O' Malley(1964). *Andreas Vesalius of Brussels, 1514 – 1564.* Berkeley: University of California Press, p. 297.
4. O' Malley, p. 301.

5. M. Boas(1962). *The Scientific Renaissance, 1450 – 1630.* New York: Harper and Row, p. 148.

6. O'Malley, p. 319.

7. M. Eliade(1962). *The Forge and the Crucible.* New York: Harper and Row, p. 9.

8. H. M. Pachter(1951). *Paracelsus.* New York: Schumann, P. 4.

9. A. G. Debus(1966). *The English Paracelsians.* New York: Science History.

10. New York Times(Oct. 19, 1975); *Humanist 35*(1975).

参考文献:

Ashley – Montagu, M. F. (1955). Vesalius and the Galenists. *Sci. Monthly 80*: 230 – 239.

Belt, E. (1955). *Leonardo the Anatomist.* Kansas: University of Kansas Press.

113 Boas, M. (1962). *The Scientific Renaissance, 1450 – 1630.* New York: Harper and Row.

Brehaut, E. (1912). *An Encyclopedia of the Dark Ages: Isodore of Seville.* New York: Longmans, Green.

Bronowski, J. and Mazlish, B. (1960). *The Western Intellectual Tradition, from Leonardo to Hegel.* London: Hutchinson.

Byard, M. M. (1977). Poetic Response to the Copernican Revolution. *Sci. Amer. 236*: 121 – 129.

Chambers, M. M., ed. (1950). *Universities of the World Outside.* Wisconsin: George Banta.

Clagett, M., ed. (1969). *Critical Problems in the History of Science.* Madison: The University of Wisconsin Press.

Corner, G. W. (1927). *Anatomical Texts of the Earlier Middle Ages.* Washington, D. C.: Carnegie Institute of Washington.

Cushing, H. (1942). *Bio – Bibliography of Andreas Vesalius.* New York: Henry Schuman.

Daly, L. J. (1961). *The Medieval University.* New York: Sheed and Ward.

Debus, A. G. (1966). *The English Paracelsians.* New York: Science History Publications.

Durant, W. (1957). *The Reformation.* New York: Simon and Schuster.

Eliade, M. (1962). *The Forge and the Crucible.* New York: Harper.

Parber, E., ed. (1961). *Great Chemists.* New York: Interscience.

Florkin, M. (1949). *Biochemical Evolution*. Translated by Sergins Morgulis. New York: Academic.

Gumpert, M. (1948). Vesalius: Discoverer of the Human Body. *Sci Amer. 178*: 24 – 31.

Holmyard, E. J. (1957). *Alchemy*. Harmondsworth. England: Penguin.

Lassek, A. M. (1958). *Human Dissection, Its Drama and Struggle*. Springfield, Ill. : Thomas.

Lind, L. R. (1974). *Studies in Pre – Vesalian Anatomy: Biography, Translations, Documents*. Philadelphia: American Philosophical Society.

Lind, L. R. and Asling, C. W., trans. (1969). *The Epitome of Andreas Vesalius*. Translated from the Latin, with introduction and anatomical notes. Cambridge: MIT Press.

MacCurdy, E., trans. (1958). *The Notebooks of Leonardo da Vinci*. New York: George Braziller.

McMurrich, J. P. (1930). *Leonardo da Vinci the Anatomist, 1452 – 1519*. Baltimore: Williams and Wilkins.

O'Malley, C. D. (1964). *Andreas Vesalius of Brussels. 1514 – 1564*. Berkeley: University of California Press.

O'Malley, C. D., and Saunders, J. B. de C. M., eds. (1952). *Leonardo da Vinci on the Human Body*. New York: Schuman.

Pachter, H. (1951). *Paracelsus*. New York: Schuman.

Pagel, W. (1958). *Paracelsus: An Introduction to Philosophical Medicine in the Era of the Renaissance*. New York: Karger.

Partington, J. R. (1961). *A History of Chemistry*. 2 Vols. New York: St. Martin.

Randall, J. H. (1953). The Place of Leonardo da Vinci in the Emergence of Modern Science. *J. Hist. Ideas 14*: 191 – 202.

Reti, L., ed. (1974). *The Unknown Leonardo*. New York: McGraw – Hill.

Sarton, G. (1937). *The History of Science and the New Humanism*. Cambridge, Mass. : Harvard University Press.

Sarton, G. (1957). *Six Wings: Men of Science in the Renaissance*. Bloomington: Indiana University Press.

Singer, C. (1952). *Vesalius on the Human Body*. London: Oxford University Press.

Singer, C. (1957). *A Short History of the Anatomy from the Greeks to Harvey*. New

York: Dover.

Singer, C., and Rabin, C. (1946). *Prelude to Modern Science.* Cambridge: Cambridge: University Press.

Stevenson, F. G., and Multhauf, R. P., eds. (1968). *Medicine, Science and Culture.* Baltimore: Johns Hopkins Press.

Temkin, O. (1934). Karl Sudhoff, the Rediscoverer of Paracelsus. *Bull. Inst. Hist. Med. 2*: 16 – 21.

Temkin, O. (1952). The Elusiveness of Paracelsus. *Bull. Hist. Med. 26*: 201 – 17.

Temkin, O. (1965). Vesalius on an Immanent Biological Motor Force. *Bull. Hist. Med. 39*: 277 – 280.

Vallentin, A. (1938). *Leonardo da Vinci, the Tragic Pursuit of Perfection.* Translated by E. W. Dickes. New York: Viking.

Waite, A. E., ed. (1894). *The Hermetic and Alchemical Writings of Aureolus Philippus Theophrastus Bombast, of Hohenheim, Called Paracelsus the Great: Now for the First Time Faithfully Tuanslated into English.* 2 vols. London: Redway.

Ziegler, P. (1969). *The Black Death.* New York: Harper and Row.

第五章　现代科学传统的基础

115

一　从维萨里到哈维：小循环和大循环

文艺复兴时代的艺术家和医生对科学作出了杰出贡献。毫无疑问，芬奇、米开朗琪罗和维萨里都曾努力尝试用他们自己的双眼仔细观察人体结构，并想认识结构与功能的关系。他们的工作，包括其全部成就和缺点，都指出了关于生活有机体科学研究中的一个重大问题，即：准确的解剖知识当然是完全必需的，但对生理学的发展来说，却还不够。这就是说，运用调查研究的方法人们可以了解生物体静态方面的知识；但对于认识其动态方面的知识来说，这种方法起不了什么大作用。研究解剖学以及运用一些简单的类比，例如把静脉比作渠道等等，并不能解释其生理功能。

要研究生理学，除了会遇到一些纯粹专业上的困难（如缺乏化学知识）以外，还会由于政治上和神学上的阻力而增

添了困难的复杂程度。人体的机制与神学的教义密切相连。著作者们认为是纯粹科学或医学内容而著述的书籍，却会被天主教或耶稣教的监察官们谴责为异端邪说，甚至著作者和出版者的生命也都会因此而受到威胁。

说明如何从解剖学的研究发展到探索生理学的过程，其最好的例证就是发现血液循环的历史。

血液和生命

在文艺复兴时代，随着艺术家和科学家日益自觉地抛弃经院方法而进行独创性的研究，生物学知识也就不断地增长
116 起来。但在很大程度上，文艺复兴时代的科学在概念上并没有比亚里士多德和盖仑的理论和哲学进步多少。然而，一些新事实与旧理论是如此不能并容，以至于到了十七世纪，破除旧的观念已成了不可避免的趋势。（十七世纪的科学革命主要来自天文学和物理学方面的研究，但当时生物学也正在摆脱对过去的奴隶般的顺从状态。从某种意义上说，哈维把科学方法用来研究人体这个小宇宙，与伽利略对大宇宙所进行的研究相比，更富于革命性。）

某些人很可能对天文学毫无兴趣，但要他们对自己生命中很重要的血液无动于衷，这是很难想像的。在古代，甚至即使在近代，一提起血液，人们常常会联想起它那种神奇有力的形象；而不会只把它看成一种单纯由红细胞、白细胞、血小板、凝血因子、酶和抗体等物质组成的生理流体，一种液态的组织。人们曾把血用在签订协定、举行婚礼和结拜兄弟的仪式上，用在纪念性的或祈求多产的仪式中；或把血看作防御疾病的护身符。许多人都相信给血者的品质特性可以通过血液传给受血者。某些部落还有通过饮血以求获得勇气和保持青春的习俗。甚至有的科学家还提出，输血可以改变受血者的性格和个性。据巴塞林 T. Bartholin 1616－1680 报道，他

曾检查过一个姑娘，这个姑娘在喝了猫血后竟然表现出了一些猫的特性。

科学家和哲学家同样把血液看作是种非常有力的液体。希波克拉底和亚里士多德都相信血液的运动是生命过程的基础。亚里士多德还认为，心脏是体内最重要的器官，它是智慧的所在地，并给血液以动物性热量。血液系统的搏动是血液在心脏里碰到了呼吸时吸进的"元气"而沸腾的结果。盖仑提出几乎是同样的观点，强调血液的主要功能是它在运送和分配"生命灵气"中的作用。哲学家则不太关心血液的实际运动，他们更为关心的是这些"灵气"的性质。

盖仑收集了所在的古人已经知道的关于血液和脉管系统的知识，他运用了自己的实验、观察和哲学思想，综合成一个尽管是不正确的、然而却是完整的血液理论。他的某些见解和观察对哈维来说是很宝贵的，哈维在每一个可能的场合都尊敬地引用了盖仑和亚里士多德的论述。盖仑已认识到动脉和静脉输送的都是血液，他还知道动脉和左心室中的血是鲜红的。他相信这种颜色靠动脉系统传送的"灵魂"或"生命的灵气"所获得，而暗红的静脉血则由从肠道输到肝脏去的食物所形成。盖仑还把心脏的瓣膜说成是加热血液用的壁炉，肺的功能则是给心脏通气使之冷却。按照盖仑的生理学，心脏的运动与呼吸的运动完全相一致。维萨里尽管未能在心脏的中隔上观察到小孔在盖仑体系中必需有这种小孔，使血液可以从心脏右边流向左边，但他也未能提出任何一种可供选择的关于血液运动的机制。

维萨里认为心脏非常重要，因为它具有"鼓动的本领"。它的功能在于重新激发自然的热，维护和哺育着"灵气"。他也同样假设心脏搏动和呼吸运动是完全一致性的。深呼吸犹如一个"风箱"把空气经过鼻和嘴吸了进去。部分空气直接进

入脑部，其余留在肺中。由于肺中某种特有物质的力量，空气变得适合于心脏的使用，其中最好的部分进入心脏左边，形成生命灵气。心脏把大量血液从右心室抽取到左心室。在那里，凭借那种心脏中特有物质的作用，空气同血液蒸气结合，并转化成生命灵气。血液的作用则是在全身分配这种灵气。按照维萨里的观点，呼吸和心脏搏动的作用是相同的，都是使心脏的大动脉扩张和收缩。[1]

毫无疑问，维萨里是十六世纪最伟大的解剖学家，但在整个血液分配问题上，他的看法却相当模糊。他也许与其同代人塞尔维特 M. Servetus 1511－1553 一样，对当时流行的理论已经感到不满，但却缺乏足够勇气来直接抨击盖仑的体系和他关于所谓"灵气"的观念。在《构造》一书的第二版 1555 中，维萨里大胆地提出了与盖仑不同的关于心脏中隔性质的解释。他非常明确地指出："中隔像心脏的其它部分一样厚密而结实，因此，我看不出即使是最微小的颗粒怎么能够从右心室通过它而转送到左心室来"。以前，他已经寻找过这些微孔，并且认为这些微孔必然是小到肉眼所无法看到的程度，但他还是相信血液是"充分地通过中隔而吸收的"。大多数学生并不会因为读了维萨里的著作就对古老的体系表示怀疑。因为当科学的解释在碰到疑难时，神学毕竟会提供某种"启示"。维萨里推断说："我们被驱使对全能上帝的亲手业绩感到惊诧不已，例如，血液从右心室渗到左心室去的通道就是人眼所不能看到的。"[2]

这样，在十六世纪，尽管盖仑体系中的错误和矛盾正在成为显而易见的事，但解剖学家们却仍然接受盖仑的观点。摧毁这个日益残破不堪体系的最大障碍，是它与宗教神学上的"灵气"或"灵魂"之间的密切联系。因此，直接抨击这个问题需要极大的勇气。第一个这样做的是这样一个人：他的整

个生命都是在与地位牢固的权威和正统观念作斗争中度过的，并且终于为他的信念而献身，这个人就是塞尔维特。

塞尔维特 Michael Servetus　约 1511 – 1553　118

如果说世上曾有人为了自己的信念而死过两次的话，那么这个人就是塞尔维特。他引起耶稣教和天主教权威如此大的仇恨，以致于他本人被耶稣教徒活活烧死，而他的模拟像则被天主教徒所焚毁。他成了在文艺复兴时期弥漫着的那种教条主义和不容异端风气的牺牲品，但是人们在对该时期美好事物和创造力大量涌现的赞扬声中却常常把他忘了。在向当时的神学正统观点挑战的同时，塞尔维特还令人信服地说明：对于一个头脑清醒的人，不再需要更多的解剖学知识，就能弄清血液在肺中的流动途径即小循环。

塞尔维特生于西班牙的图德拉 Tudela，他曾在图卢兹学习法律，有段时间还担任过神圣罗马皇帝查理五世的秘书。他年轻时的观点对西班牙来说已是太不正统了。他几乎不断地到处旅行，在各地的大学里学习。他一面学习，一面以写作、当编辑和翻译为生。他年轻时写的《论三位一体的错误》的著作使得天主教和耶稣教的监察官们大为恼火。为此塞尔维特逃到里昂避难。在那里他跟一个医生学习医学，从面激起了对医学的兴趣。1536 年，他在巴黎学习地理学、天文学和医学。据说在那里他曾会见过维萨里和巴雷。塞尔维特曾是法王御医、数学家、天文学家费尔内尔 J. Fernel　1506 – 1588 的学生，也当过安德纳赫的金瑟 J. Guinther　1505 – 1574 的助手。他像维萨里一样，还为这个语言学家做过解剖实验。为了谋生，他讲授过地质学、天文学和星占学；还写了一本关于药物制剂的书《论糖浆》。1538 年，由于对作为神意的星占学所持的异端观点，他还没有获得医生的资格就被迫离开巴黎。接着便在察理尔 Charlieu 和维也纳等地行医。

图 5－1　塞尔维特　引自 Bainton 1958

在维也纳，他重新进行写作，并和日内瓦的加尔文 J. Calvin 1509－1564 保持着颇为特殊的通信联系。他表面上求教于加尔文，实际上是想对加尔文的神学进行改造。他对加尔文的宗教教诲作了侮辱性的注解，然后又把它寄回给加尔文。为此，加尔文写信给他俩共同的一位朋友说，如果有朝一日塞尔维特来到日内瓦，他就休想活着离去。随后，塞尔维特又写了一本持异端观点的书，称为《论基督教的复兴》，书中以对加尔文的抨击作为结尾。为此，塞尔维特被告发到了宗教裁判所。由于他逃出了监狱，所以对他作了缺席审判，判处了死刑。并决定要连同他的所有著作一起“用文火慢慢地烧成灰”。由于他本人不在，便以焚毁他的模拟像来代替。[3]

塞尔维特从天主教的宗教裁判所死里逃生后，不到四个月，又在日内瓦被捕了，再次被判连同他的著作以火刑处死。有人想将火刑处死减轻为用剑处死或“仁慈”烧死即火刑，但未获成功。刽子手们用铁链把塞尔维特牢牢地锁在火刑柱上，然后点燃湿木柴结束了塞尔维特——一个有真知灼见、富有 119
成果并提出肺循环理论的人的多难的一生。

《复兴》一书仅幸存三本，因此塞尔维特不大可能对解剖学的理论产生重大的影响。即使某些解剖学家看过他的著作，他们也不会承认与这位命运悲惨的激进思想家有任何联系。《复兴》一书主要是用神学和神秘的唯灵论观点来解释上帝和世界、上帝和人之间的关系。然而在论述中，塞尔维特却涉及到了几乎每一个可能想得到的领域——法律、政治、天 120
文学、物理学和医学。他提出：要了解圣灵，就必须先了解人的精神，这就需要关于人体的确切知识，其中包括人体的结构、功能及其运动着和难以触摸的组分——血液和精神。

在讨论人体的解剖时，塞尔维特把从人体解剖中得到的

证据，盖仑言论的摘录和他自己的“异端”神学观点混和在一起。直接的观察表明，心脏中隔上并没有如同盖仑所说的微孔。如果这些微孔并不存在，那么就没有多少血液能够从心脏的右边流到左边。而懂得一些解剖学知识的人都知道，肺动脉很粗大，血液能有力地从心脏排到肺里。显然，如果仅仅是为了向肺提供营养，那么根本就不需要这么多的血液注入肺中。塞尔维特认为，血液流到肺里，是为了“通风”，也是为了排出废物。在流经肺的途径中，血的颜色发生了改变。塞尔维特说盖仑由于错误地理解了肺的功能，因此得出了错误的结论。盖仑没有认识到血液不停地流经肺部，却假定如果有血液从肺回流到心脏的话，那是由于发生了渗漏的结果。盖仑认为，“通风”是左心室的功能。

为了与文艺复兴时期所流行的“各种知识都是相互联系的”观点相一致，塞尔维特也运用了神学的论点，从而得出了灵魂存在于血液中的结论。看起来这很恰当，灵魂应当存在于可以流动的某些东西中，而不应该固定地待在心脏、肝脏或脑子等器官里。[4] 遗憾的是，他并没有充分地发挥他的洞察力，没有更深入一步地理解血液循环。他满足于业已在精神统一体的观念上使生理学和神学协调起来。在确立主要论点时，他既没有拒绝盖仑关于血在肝中不断合成的观点，也没有排除部分血液通过心脏中隔的可能性。

塞尔维特在巴黎学习时，维萨里也同时在巴黎，但维萨里这位有名的解剖学家在当时还受着盖仑很深的影响，他比脾气暴躁的塞尔维特更加细心谨慎。这样，塞尔维特是否曾对别的解剖学家产生过影响，甚至他是否进行过任何特殊的实验来支持自己的理论，也就不得而知了。他的经历对揭露文艺复兴时代的阴暗面来说是有研究价值的。同时也表明：对于只具备有限的医学和解剖学知识的人来说，血液通过肺

的循环途径的观念，一经说明，就是能理解的。

克雷莫纳的哥伦布

Realdus Columbus of Cremona　1516－1559

维萨里离开帕多瓦时，指定他的学生哥伦布为代理人。不久，哥伦布便继承维萨里成为外科和解剖学教授。哥伦布对他的老师很不尊敬，在对《构造》一书进行的批评中，他是叫嚷得最凶的一个，并因此而名噪一时。

哥伦布是个药剂师的儿子，他曾在一个外科医生处当过七年学徒，然后再跟维萨里学习医学和解剖学。可是后来却否认他从维萨里那里学到任何东西。不久，他们两人成为冤家对头。维萨里说哥伦布是个"知识肤浅、没有教养的人"。[5]事实上，哥伦布虽然机灵聪明，但确实并没有受过良好的基础教育。他的拉丁语也很成问题。无论在讲演会上还是在解剖的场合，他总是寻找一切机会嘲笑他先前的老师。1546年，哥伦布又一次占据了原来打算授予维萨里的教授职位。当时比萨 Pisa 大学的解剖学教授职位空着，但是维萨里由于在帝国宫廷中的职务而无法脱身。当时比萨大学还不是一所有威望的名牌大学，因此，到底是什么原因促使哥伦布采取这样一个行动，就不知道了。他在比萨大学一直待到 1548 年教皇庇护四世 PiusⅣ请他去担任罗马大学教授时为止。

尽管人们已经指出，在哥伦布的著作中存在不少缺陷，甚至在他为人的品质方面都有许多不足之处。但是，我们却必须承认他对肺循环作了非常明确的描述。由一个著名解剖学家对肺循环作如此明确的描述，在历史上还是第一次，因此也就产生了广泛的影响。在这个意义上，他的描述大大突破盖仑的血液生理学观点，并使得哈维的研究成为可能。哥伦布只留下一本医学专著：《论解剖学》，由他的孩子于 1559 年出版。这一著作被斥责为"几乎是维萨里《构造》一书的无

耻的模仿品"。[6] 书中尽管没有插图,但阐述得很清楚,编排得也很好。有许多证据可以说明这个人确爱自我吹嘘。他夸大了自己所作解剖的数量,过分炫耀自己,甚至企图把属于别人的发明归为己有。他还大肆吹捧那些能使他飞黄腾达的人,例如教皇。但他的有些发现还是有独创性的,例如他描述了眼睛的晶状体及其正确位置,其中最重要的还是他对血液循环系统所作的研究。

哥伦布与塞尔维特不同,他那清楚地阐明的关于小循环的观点是建立在临床观察、解剖和动物实验基础上的。他仔细地描述了心脏的形态解剖,纠正了许多历代流传下来的错误。他否定了其他解剖学家所假定的在右心室和左心室之间存在着一条直接通道的说法。他写道:"这是一个绝大的错误。事实是血液由动脉样的静脉[①]输送到肺,在那里变得稀薄,然后和空气一起由静脉样的动脉[②]再送入心脏的左心室。这个事实到目前为止还从来没有人观察过或用文字记载过,但任何人都很容易观察到。"他还嘲笑其他作者"太不聪明",因为他们竟然认为,从肺里排出的是"浓烟",似乎心脏是一个燃烧湿木柴的壁炉。他夸耀自己掌握了有关这个情况
122 唯一正确的观点,即"静脉样的动脉把混和了空气的血液从肺运送到心脏的左心室。这不仅是最有可能,而且实际情况就是如此。如果你观察的不仅有死动物而且有活动物的话,你就会发现这条动脉在任何情况下都是充满着血液的"。[7]

哥伦布尽管夸耀自己打破"盖仑教条"的创造性和勇气,但他关于血液的总观点基本上还是盖仑主义的。他并未能从这个重要的新事实中得出逻辑上必然的结论。而且他究竟是不是第一个提出上述这种论点的人,也有好几个理由值得怀疑。1546 年,塞尔维特曾给帕多瓦的一个医生柯里欧 Curio

①② 即肺动脉。

寄去一份《复兴》的手稿。据说，柯里欧曾经把这手稿给哥伦布或维萨里看过。结果是在《构造》第二版中出现了强调盖仑微孔的论述。我们不知道哥伦布是什么时候首次想到肺循环这个概念的。还有人认为，哥伦布也许在罗马就曾得到过《复兴》一书的印刷本。但是早在 1546 年哥伦布就很可能已在讲授他那关于肺循环的观点了。

塞扎尔比诺 Andreas Cesalpino 1519 - 1603

为某些医史学家赞誉为大循环和小循环的发现者的塞扎尔比诺[8]是一个非常有学问的人，他把对古代思想（尤其是亚里士多德的学说）的尊崇同在自然史和医学上更为现代化的侧面相结合。从 1555 年到 1592 年，他担任比萨大学的医学和植物学教授；1592 年，被邀担任教皇克莱门特八世 Clement Ⅷ的御医和萨宾塞 Sapienza 大学教授。他的主要科学工作虽然是在植物分类学方面，但他也写了许多关于解剖学方面的书。这些暗示着循环理论的著作写得非常隐晦曲折，以致根本无法与哈维的著作相比。塞扎尔比诺过分忠于亚里士多德，对盖仑则特别反感，他似乎感到，盖仑的所有论说都无可取之处。因此，任何发现为有助于突出亚里士多德关于心脏是身体最重要器官的论断，他总是乐意接受的。

按照塞扎尔比诺的说法，“肺和心脏必然是同时扩张、同时收缩的，或者说元气的进入必然发生在我们呼气的时候”。但是，他接着说，事实恰恰相反。因为我们能够“按照自己的意志任意调节呼吸，却全然不能控制心跳。即令作无意识的呼吸，在大多数情况下，呼吸也比心跳慢得多”。他已考虑到，动脉的搏动和“小膜”的开闭，其作用是保证“血液既不从入孔出去，也不从出孔进来”。他的这一考虑表明他似乎已 123
经接近于认识循环系统的功能了。[9]他的著作已经暗含着下列这一思想，即在心缩（心脏收缩）期，心脏把血液挤入大动

脉和肺动脉；在心舒（心脏扩张）期，心脏从腔静脉和肺静脉中吸取血液。

他在《医学问题》一书中，讨论了关于放血问题，从中可以看出他已接近了血液从动脉流到静脉，又从静脉流到心脏这一思想。所有放过血的人都知道，在结扎的远心端，静脉会膨胀起来。但他并没有像哈维那样去解决这个疑问，而是予以回避，并去讨论亚里士多德所说的关于睡眠这样一个细节，纠缠在睡眠和清醒状态下动物性热量的运动的问题中。

他的观点，很可能更多是出自为争论而争论的精神，而不是以耐心的观察、实验或者对所讨论现象进行实际研究为基础的。他已经预见到哈维的理论（这种说法现在可以说终于得到了肯定），但这一预见对其同代人似乎没有什么影响。他的预见，在被历史学家从没有成熟和未经证实的理论"坟墓"中挖掘出来以前，并未为人所注意。但是他的植物学理论却为人们广泛接受，影响很大。

阿块潘登特的法布里修斯

Hieronymus Fabricius of Aguapendente 约 1537 – 1619

法布里修斯是一位有名的解剖学家，科学胚胎学的奠基人。他生于阿块潘登特的一个小村庄塔斯坎 Tuscan 的一户穷人家里。他曾在帕多瓦大学学医，后来便成了一个外科医生并私人讲授解剖学。1565 年他被任命为解剖学和外科教授，以填补由法洛比斯 G. Fallopius 1523 – 1562 去世后造成的空缺。他在这所大学里工作达五十年之久，最后于 1613 年因病被迫退休。但恶劣的健康状况并没有阻止他继续工作。在退休后他还出版了八本新著，修订了一些以前出版的著作。

在解剖学上，法布里修斯最重要的贡献是发现了静脉瓣膜。实际上十六世纪的许多解剖学家都曾"发现过"静脉瓣膜，但似乎没有一个人对此能像他那样清晰、严密地表述出

来。他们虽然注意到在某些静脉中看到的这些小小的瓣膜，但是，是法布里修斯第一个模糊地领悟到这些结构的真正意义，然后是他的学生哈维完整地阐述了这些瓣膜的作用。

1603 年，法布里修斯出版了一本非常简短的小册子仅 24 页，题为《论静脉中的瓣膜》，最完整地描述了静脉瓣膜的结构、位置和分布。在研究整个静脉系统以弄清哪些静脉具有这种特殊的瓣膜结构的探索中，法布里修斯超过了其他的解 124
剖学家。在推测这些瓣膜的功能时，他应用了水力学原理来作类比，从而激发了用机械论观点来解释循环系统的进程，并且促进了这个学说的发展。他认识到是这些瓣膜防止了血液从心脏倒流回周围血管中去。在上课和公开讲演时，他用活体进行实验，演示了这些瓣膜的功能。如果用绑带扎住手臂，沿着静脉所经之处就会看见突起的小瘤。这些鼓起的地方正好与解剖的静脉瓣膜的位置相对应。用一个极简单的实验，便可说明瓣膜的作用。如果你挤这些小瘤，想把血液经过这些小瘤挤回到手掌去，你便可以清楚地看到，正是这些小瓣膜阻止了血液倒流。

法布里修斯虽然获得了这样有希望的开端，但他却未能真正认识到瓣膜的功能。在法布里修斯看来，这些瓣膜更像调节容量的贮水池内的闸门，而不是调节流向的阀门。他宣称："形成这些静脉瓣膜的原因，是为了使身体的任何部位都能以奇妙的比例分配到某一恰当数量的血液，以维持身体几个主要部位的营养。"[10]

法布里修斯由于不能摆脱关于静脉和血液的陈旧观念，因此，也就不能正确理解它们真正的功能。他认为静脉是用来把富于营养而缺乏灵气的血液运出心脏，供身体各部使用。这样他就满足于瓣膜的功能只是防止心脏把过多的血液经过静脉送到身体肢端去的看法。

法布里修斯自己并没有研究过心脏的活动，他只是在关于呼吸的著作中提到过这点。他关于呼吸机制的概念与盖仑这方面的论述差别极小。在法布里修斯看来，呼吸的功能就是在“好像有火焰在燃烧”[11]的心脏里产生灵气和动物性热量。法布里修斯是法洛比斯最得意的门生，而后者又是维萨里最宠爱的学生。但在法布里修斯的思想上，盖仑却竟然占着主导地位。看来他在思想上没有受到他老师、师祖多大的影响，也没有为哥伦布及塞扎尔比诺等人的思想所左右。

二　哈维 William Harver 1578 – 1657

性格文静的哈维，从许多方面来看，也可以说是一个保守的人。正是他，成功地综合了心脏和整个循环系统的作用和功能，形成了一个完整的新理论。

哈维，1578 年 4 月 1 日生于英国南岸福克斯通 Folkestone 一个自耕农的家庭里，他是一家七个孩子的长子，也是
125 唯一选择了学术生涯的人。在这个亲密团结的家庭中，其他几个兄弟都成了伦敦商人。哈维则从小就对生物的活动方式充满着好奇心。据说当他还是一个孩子时，就玩儿过从当地屠宰场弄来的动物心脏。

哈维曾在剑桥大学凯厄斯 Caius 学院获得文学士学位，然后他又来到帕多瓦大学跟杰出的法布里修斯学习医学。帕多瓦学生的课外生活，常会有一些风险轶事。有一次，在一场争吵中，他的朋友被匕首割断了动脉。哈维一向是个观察敏锐的人，这次他注意到他朋友的血液从动脉中一阵一阵地喷出来的情景。他发现这与血液从静脉中平静流出的现象完全不同。在帕多瓦，其它一些事情，如法布里修斯的讲学以及参

加解剖实习等，虽然不是那样富有戏剧性，也促使了他用一种新的眼光来思考循环问题。

1602 年，哈维获得了医学博士学位。他回到英国后，很快便在伦敦成了一个杰出而富有的医生，并娶了伊丽莎白 Elizabeth 和詹姆士一世 James I 的御医 L. 布朗 L. Browne，死于 1605 年的女儿 E. 布朗(E. Browne 为妻，他很快地接连被选作医生协会的会员，被任命为圣·巴塞洛谬 St. Bartholomew 医院的医师，内外科医生进修学院的解剖学教授，以及詹姆士一世和查理一世 Charles I 的特命医生。在查理一世这位君王整个不幸的经历期间，哈维一直是他忠诚的朋友和医生。

哈维曾为卢莱因 Lumlein 讲座作过讲演，从他第一次讲演的笔记中可以看出，早在 1616 年他对血液循环问题已有所认识。这比完整论述他思想的《心血运动论》1628 一书出版要早十二年。在这次带有演示的讲演中，哈维宣布了一个革命性的新学说，即血液“就好像是通过水泵的两个瓣阀把水压提高一样”，不断地“通过肺进入动脉”。他应用绑带技术证明血液有一条从动脉到静脉的通道。他的研究用实验表明，“是心脏的搏动产生了血液永远不停的循环运动”。[12]

他 1628 年出版的那本书，结构紧凑，论证严密，超出了所有的前人。他生活在动荡不定的时代，在这种环境下，他取得的成就就显得更加突出。作为国王的御医，他经常随同皇室去欧洲大陆旅行，据信他一定同别的医生一起讨论过他的发现。在查理一世和议会之间所进行的整个内战期间，他一直忠诚于国王，随同皇室从伦敦迁到牛津，并在那里获得教授职位。关于哈维突出的性格，在一个传说中讲得很明白。传说在边山 Edgehill 战役中，他仍坐在战场边上的矮树篱下读书。当保皇党人被击败、不幸的查理上了断头台以后，哈维并没有随 126
同国王的朋友们流亡国外，而是退休了与他的兄弟们一起住

在离伦敦不远的乡村中。战争期间他在伦敦的房子遭到袭击，许多手稿和收藏都被毁。临死时他把财产留给了牛津的那个学院，这个学院现在还每年为他举行一次纪念活动。

哈维的研究进步了，但他的行医业务却清淡了。1628 年出版他的著作时，他曾预料会遇到相当大的反对。在暴风般的反对声中，批评他的人们宣称他肯定是疯了，这种情形就像维萨里出版他的《构造》一书时被人中伤诬蔑一样。尽管他私人的开业行医受到很大损失，但是作为一个国王的私人医生，又有一些富有亲戚的资助，他还是能继续自己的研究。他对斯图亚特王朝的忠诚也不利于他的声望。在国王以及自己的妻子伊丽莎白先后离开人世后，他自己的健康状况也日益衰退。他遭受痛风病的折磨，很有可能他自己选用的特殊治疗药物也加速了他的死亡。

《心血运动论》1628

哈维最重要的著作是《论动物心脏和血液运动的解剖学专题论文》1628。像他所钦佩的亚里士多德一样，他为了探求事物的最终原因而提出了似乎是简单的，但却真正有深远意义的问题。在思索关于心脏和血管的作用时，他逐渐抛弃了盖仑的观点，而更接近于亚里士多德关于心脏是体内最重要器官的想法。他也提出了别的解剖学家在他以前曾模糊地提出过的问题。他想知道为什么心脏的两个在结构上相似的心室——右心室和左心室，在功能上会有这样大的差异：一个控制血液的流动，而另一个却控制生命灵气的流动？为什么动脉样的静脉仅仅只为肺提供营养，而静脉样的动脉却必须为整个身体提供营养？为什么肺需要这样多的大大超过其本身需要的营养？除了肺的运动以外为什么右心室也必须运动？但在哈维提出的问题中最突出的那个问题却是惊人的简单，甚至充满了稚气。而且这是一个适合于用实验来回答的

问题，并能得到定量的答案。这样，就一劳永逸地彻底摧毁了盖仑的空中楼阁。这个问题就是：心脏的每次搏动向全身送出多少血液？

哈维在学生时代和繁忙的医务中，常为血液运动问题陷入沉思。晚年，他告诉波义耳 R. Boyle 说，是法布里修斯的静脉瓣膜演示实验帮助了他从循环方面来思考问题。在伦敦时，他每年参加六具死刑犯人的尸体解剖。在对病人进行的观察中，如动脉瘤的跳动，手腕、太阳穴和颈部动脉的搏动等现象都向他暗示着好像有一个中心泵在活动。哈维原先所受的教育以为，有两种显著区别的血液：从肝脏出来的血液，通过静脉来营养身体各部；从心脏出来的血液，则通过动脉来分配生命的灵气。尽管在动脉血和静脉血之间，确实有些颜色上的差别，但在任何别的能观察到的性质如滋味方面，哈维却看不出两者之间有任何重大的不同。 127

哈维与大多数同代人不同，他没有仅仅停留在假设和逻辑推理上。他独特地把实验和定量方法应用于医学研究。对生物学来说，这是一个显著的进步。因为在当时，即使在物理学领域，定量方法也应用得相当少，而自由自在的推测则极为普遍。

由于当时哈维所能应用的仅仅是一个手持放大镜，因此不能直接观察到毛细血管。所以，他工作中的唯一不足之处便是不能正确理解动脉、静脉之间沟通连接的本质。直到列文虎克 Leeuwenhoek 1632－1723 和马尔比基 Malpighi 1628－1694 把显微镜用于解剖学以前，哈维所假定的这个“血管交织网”始终还只能是个假设。

哈维，即使他在寻找所谓最终原因时是个亚里士多德主义者，但在解决这个问题时却应用了现代的方法。他把人们兴趣专注的血液和心脏系统从整个身体上分出来考虑，不去

推测其一般的本质，从而解决了心脏和血液的运动和作用问题。不仅在他那个时代，即使是与我们许多现代人相比，他都表现了非凡的谦虚和谨慎。哈维把机械论的模式应用于基本上是一个机械学的问题上。他这样便能成功地把机械论应用在生物学上，反映了十七世纪机械论哲学的日益普及。也曾有人试图把机械论原则应用于生物的其它系统，如消化系统、生殖系统，或者用于解释神经的功能等，但是这些尝试却都没有成功。直到化学和物理学取得显著进步以后，这类问题才得到解决。

哈维应用的某些证明方法至今还很有价值；另一些则充分地显示出他的天才。不过，尽管他超越出盖仑和亚里士多德的局限，但他仍旧深深地受到当时思想界的影响，并没有排斥他们著作中总的哲学精神。哈维在论证中应用在尸体解剖和活体解剖中所发现的种种事实，证明在成年人中，全部血液必须经过肺才能从心脏的右边流到左边。他还证明心脏是肌肉质的，其主要的运动是收缩。而根据以往各解剖学家的说教，心脏并不是肌肉，其主要的功能是舒张；心脏的活动也不是由其本身所引起，而是由于胸和肺的活动。哈维在他著作的第一章“实验中的困难”中，没有采用其他解剖学家们的习惯做法，他们往往只解剖一个物种：即人，而且只解剖死透了的人。初看起来，心脏的运动是这样迅疾和复杂，似乎“只有上帝才能理解”。但是哈维却认识到了应用冷血动物和垂死哺乳动物的优越性。这些动物的心脏跳动较慢，跟踪观察比较容易。他把心脏活动与机器中的各传动轮系统相比或与燧发枪相比，这种枪的扳机、触发机、打火铁、火星和火药的动作是这样迅速，人们根本无法看清，但是却能研究并且弄懂它们的机制。

哈维毫不费力地改进了以往那些关于肺循环的研究。但

他担心他那关于“血液的数量和来源”的想法是如此“新奇”，以致大多数人都将成为他的敌人。[13] 这里最激进的一步是他应用了血液在身体内不断地循环着这样一个概念。为了支持这个新概念，哈维转向从数量上来考虑问题。尽管他做了许多实验，目的在于求出每次心跳喷出血液的准确数量，但他又强调精确的测量并无必要，因为即使是最粗略的计算，也能证明心脏泵出的血液量是如此之多，一小时泵出的血液数量就超过了整个生物体的总重量。

如果心脏每次跳动输出二至三英两血液，而它每分钟跳动约六十五次，那么心脏每分钟就会输出十磅或每小时输出六百磅血液。这个重量是一个非常魁伟的人体重的三倍。对各种动物，例如羊和狗都进行了类似的计算。在任何情况下，即使在半小时内由心脏泵出的血量，也远远超过整个动物体内血液的总量。只要像屠夫宰牛一样把一个实验动物的血放完，就可以很容易地证明这一点。因此，血液必须是通过全身而循环运动的，它的运动必然连续不断，而不是由肝利用食物不断合成血液并不断从起点流向终点的。

这个基本事实一经掌握，许多观察到的现象就可迎刃而解。例如，每个屠夫都知道，牲畜被杀死后心脏仍然会继续跳动排出血液。这种现象可持续的一刻钟。这一点每个屠夫都知道的事实，现在科学终于可以做出解释了。当首次对放血和绑带结扎的观察结果合理地做出解释时，便提供了进一步的证明。静脉瓣膜的作用也变得一目了然——它们控制血液流动的方向，而不是简单地控制其在某一区段内的容量。

血液不断循环的知识很快就被应用于解释临床上的许多现象。循环理论解释了为什么被蛇或患有狂犬病的动物在一处咬过以后，毒素或感染会影响到全身。哈维还从自己的工作中看出了应该如何解释外敷药能够被吸收并且散布开

来这种现象。其中甚至包括解释把大蒜敷在脚底这样一种古怪的疗法。

毫无疑问，哈维证明了“在动物体内，血液被驱动着进行不停的循环运动；这正是心脏通过脉搏所执行的功能；而搏动则是心脏运动和收缩的唯一结果。”[14] 哈维把他的解释局
129 限于血液循环的机械学部分，他并没有陷入各种灵气分布的争论。对下列问题他仅仅表示曾予注意：“除了推动血液，使其实现局部运动分布到全身去以外，心脏是否还在血液中加进些别的什么东西，如热、灵气、完善性……这个问题今后应该予以研究并根据其它事实予以回答。”[15] 在解剖学和水力学范围内不用显微镜而能得到的全部知识都被哈维发现了。有关这个系统生物化学方面的问题，当然超出了他的能力，他也很聪明地把这些留待将来再去解决。

哈维的这本小册子曾引起过激烈争论，但其影响在他生前已经相当明显了。医生们试图从中吸取对他们工作有利的东西。年轻的科学家们则从他的方法中受到了鼓舞。药物可以通过静脉注射分布到全身。输血也很快就得到了发展。但由于当时对血型毫无所知，输血有时会造成死亡。哈维的影响曾经使十七世纪一度盛行静脉切开放血术，这点是最令人迷惑不解的。看来，连哈维本人也没有认识到，这种古老疗法与有限的血液在体内进行不断的循环是不尽协调一致的。

《心血运动论》一书出版后数周内，就出现了一股反对哈维新体系的潮流。这股潮流是由一个典型的盖仑主义者普里姆罗斯 J. Primrose 的攻击开始的，并且持续数十年之久。
130 1649 年哈维出版了《致巴黎小里奥兰 J. Riolan 关于血液循环解剖学的专题论文》，回答了里奥兰 1571 - 1657 的问题。里奥兰提出了一个不可思议的论点，而这个论点表面上却似乎是难以驳倒的。他说人们不应认为盖仑有错误。即使解剖的结

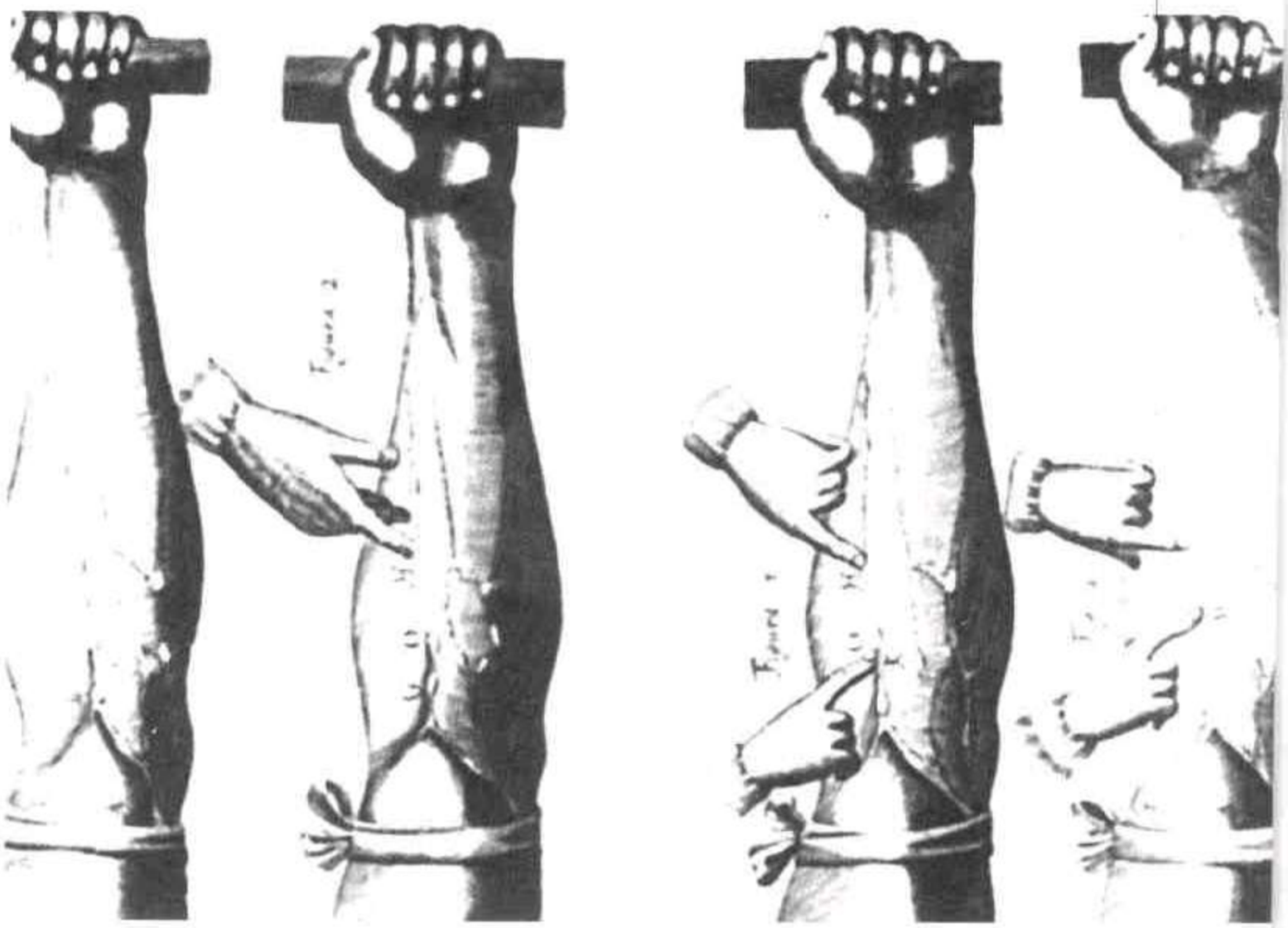


图 5－2　静脉瓣膜　引自哈维《心血运动论》1628
引自 J. F. Fulton 和 L. G. Wilson《生理学史选读》1966

果和盖仑所说不同，也要认为盖仑在当时是正确的，只是因为自然界在他以后发生了改变。另一个保守的巴黎大学法国医生帕丁 G. Patin1601－1672 则认为，哈维的理论是“自相矛盾、毫无用处、违背事实、绝不可能、荒谬可笑和极其有害的”。[16]

直到 1650 年，法兰西保守派医生仍然拒绝接受这个新的实验性科学。只有异端的思想家如笛卡儿才真正对这项新发现充满热情。然而哈维在有名的医生和解剖学家中仍得到

支持。哈维对自己研究成果的激进性质是很清楚的。他曾断言没有一个四十岁以上的人能懂得它。他是那些年轻科学家的鼓舞者，这群年轻人最后创办了英国皇家学会，决心为发展一种新的具有实验性和实用性的自然科学而做出努力。

哈维对血液循环的独创性发现，丝毫不包含受到其它文化中循环观念的启发。在中国的古代文献中，似乎已有表明血液不断循环观点的记载。《内经》中有这样的论述，"心主身之血脉"，"经脉流行不止，环周不休"。而且按照这本公元前 2600 年编成的著作①，血液有两种。[17] 但切忌由此便可匆匆下结论说，古代中国就已经发现了动脉和静脉系统之间的血液循环。我们必须记得中国人并没有把静脉与动脉区别开来。这里所谓的两种"形式"的血液是相对于"阴"、"阳"两种概念来说的，而这两种概念在古代中国哲学对自然现象的解释中是无所不在的。这个"流行"并不是哈维所指的循环，更像是对这种体内有生命力液体的运动与自然界循环之间所作的类比。更何况中国的医生和科学家并不注重研究解剖学。

另一处提到小循环即肺循环的是十三世纪阿拉伯著作者伊本·阿尔—纳菲的文章。但当时西方并不知道这篇阿拉伯论文，直到二十世纪才有人把它翻译过来。[18] 这篇文章虽很有趣，但思索的结论与哈维用直接的实验性的近代科学的方法所得的结论在性质上是根本不同的。

哈维以后的解剖学和生理学

整个十七世纪，解剖学家们以极大的热情继续研究人类的大体解剖。这个时期中，许多管道和腺体纷纷以解剖学家的名字命名，如威尔逊氏管 Wirsung's duct、布伦纳氏腺

① 《黄帝内经》是我国现存最早的重要医学典籍，它出现在公元前 475 – 前 221 年(战国时期)。原著的年代有误。

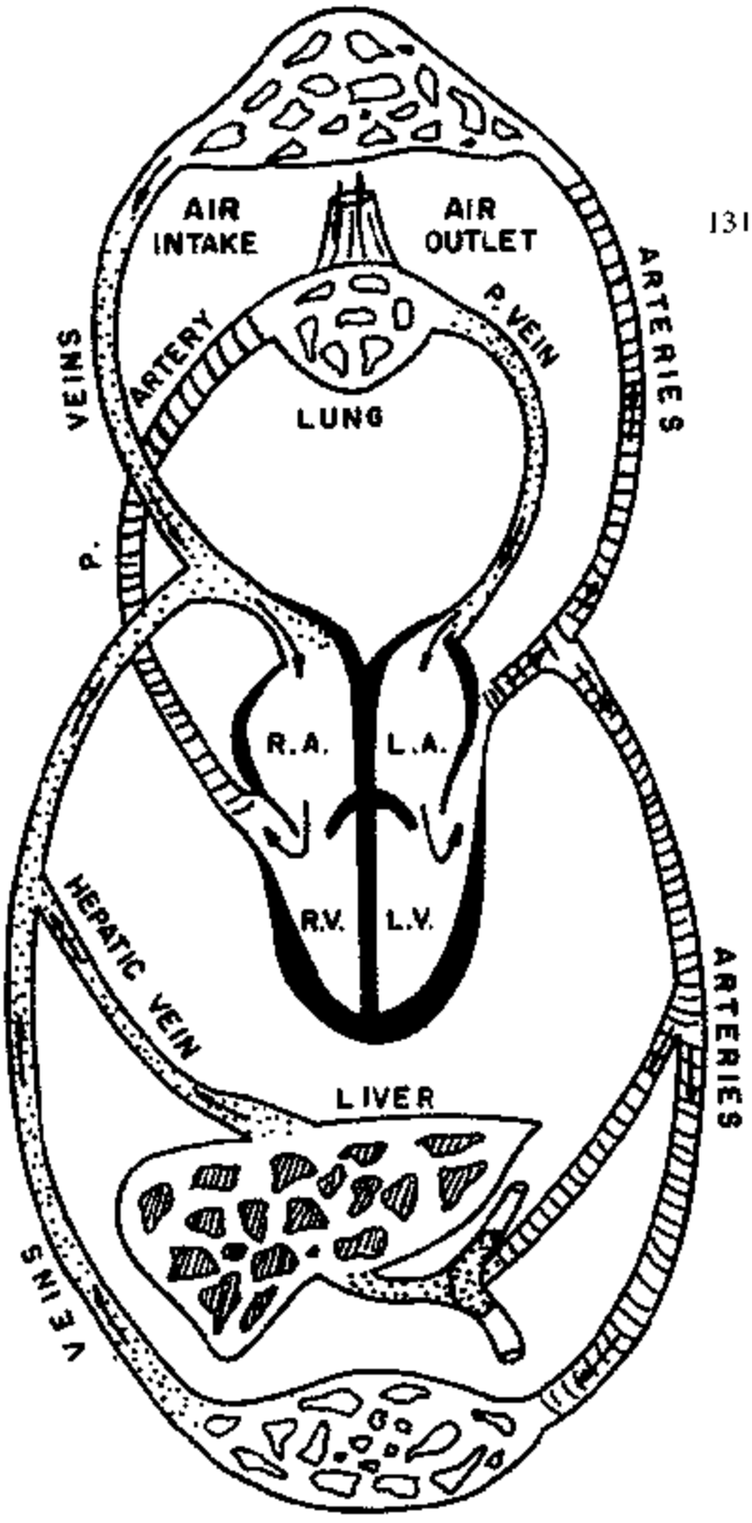


图 5－3　根据哈维的著作来说明血液循环的图解
试与第三章盖仑关于血液和灵气循环的图解相比较
引自 Singer 1959

Brunner's glands 和格拉夫氏卵泡 Graafian follicles。哈维在世时，已经发现了淋巴系统，但哈维对它不感兴趣。阿塞利在《心血运动论》一书出版前夕描写了"输送乳状液的静脉"，但对它的完整描述只是对身体各部分器官进行描述的一个部分，由于没有从中揭示出新的基本原则，所以这个研究也没有很大价值。

三　另一条不同的道路：一个教训

桑克托留斯 Sanctorius（桑塔雷欧 Santorio）1561 - 1636

应该指出在当时还有人尝试着从另外一个方向把定量方法和机械观点应用来解决生理学问题，但这种尝试遭到了凄惨的失败。帕多瓦的桑克托留斯就是其中一个。他想研究新陈代谢现象，这在当时被认为是种"看不见的"或"觉察不到的出汗"。桑塔雷欧被称作是定量医学研究的奠基人。他在帕多瓦大学受教育，1582 年毕业后到威尼斯行医。1611 年他被任命为帕多瓦大学理论医学教授，并在那里一直工作到 1629 年辞职为止，以后他又回到威尼斯，仍致力于医学实践和研究。

桑克托留斯试图用当时新发明的仪器，如医用温度计和脉搏仪来对"觉察不到的出汗"进行定量研究。他用很多时间耐心地坐在一架大天平上进行实验，称出他的体重和吃进及排出的任何东西的重量。他努力地定量记录在进食及饮水以后，在睡眠时，在运动后或休息时，以及在身体健康和患有疾病等各种情况下体重的变化。在长达三十年的实验生涯中，他的大部分时间都在一杆秤下吊着的椅子上度过。他以自己的工作为基础，写成一本格言式的书，叫做《静态医学格言》。这本书于 1614 年出版，并且至少再版了三十二次，还被译成多种现代语言。

图 5－4　桑塔雷欧的称量椅
引自 J. F. Fulton 和 L. G. Wilson《生理学史选读》 1966

在《静态医学格言》一书中，桑克托留斯只是模糊地提到了他的方法。唯一用例子来说明的实验是他本人在进食前后进行称重。桑克托留斯告诉读者他是怎样在研究一个崭新的领域："是否有人能够精确地测定'觉察不到的出汗'，这在医学中还是一种前所未闻的工作。也没有任何一个人，无论是哲学家或者是医生敢于着手这一类的医学研究。我确实是第一个进行这样实验的人。并且，如果我没错的话，那么，我已经通过推理和三十年的经验使科学的这一分支到达了完美
133 的境地。可以断言，比起描述我探索的细节来，这种完美更值得大家注意。"[19] 他对方法讨论不多，只是提出了许多在各种不同情况下体内发生变化的推论。提出这些推论的基础是饮食数量和觉察到的和觉察不到的排泄物数量。按照桑克托留斯的观点，这些实验对医学具有某种实用价值。一个人可以在这种秤上进食，并且可以知道什么时候他正好吃了所需确切数量的食物！

桑克托留斯的一些实验表明过早地企图解决生物化学问题是多么困难。当十九世纪的生物化学正以真正的科学面貌开始出现时，这种定量的却是毫无意义的实验却还在继续进行。伟大的法国生理学家贝尔纳 C. Bernard 严厉地批评了这些工作。他对生物学研究中运用这种统计学方法表示怀疑，因为这种方法经常是应用得极其马虎粗糙，以致于根本无法得出有意义的结论。例如他引用了一张营养实验平衡单，其中记录了一只猫在八天进食和十九天禁食过程中，吃进和排出两方面所有物质的重量，而在第十七天时生下的小猫竟也算在排出物中了。

134 **注　释：**

1. L. R. Lind and C. W. Asling(1969). *The Epitome of Andreas Vesalius*. Cambridge:

MIT Press, pp. 58 – 59.

2. M. Foster(1970). *Lectures on the History of Physiology*. New York: Dover, pp. 13 – 14.

3. R. H. Bainton(1939). *Hunted Heretic: The Life and Death of Michael Servetus, 1511 – 1553*. Boston: Beacon, p. 164.

4. Bainton, pp. 118 – 127.

5. Foster, p. 26.

6. Foster, p. 27.

7. Foster, pp. 28 – 29.

8. A. Castiglioni(1969). *A History of Medicine*. New York: Aronson, pp. 436 – 440.

9. Foster, pp. 32 – 33.

10. Foster, p. 37.

11. Foster, p. 39.

12. W. Harvey. *Lectures on the Whole of Anatomy*. Annotated translation by C. D. O' Malley, F. N. L. Poynter, and K. F. Russell(1961). Berkeley: University of California Press, p. 191.

13. W. Harvey. *The Circulation of the Blood and Other Writings*(1907). London: Dutton, p. 55.

14. Harvey. *The Circulation*, p. 85.

15. Harvey. *The Circulation*, p. 39.

16. Castiglioni, p. 519.

17. I. Veith(1966). *The Yellow Emperor' s Classic of Internal Medicine*. Berkeley: University of California Press, P. 34; K Chimin Wong and Lien – Teh Wu (1936). *History of Chinese Medicine*. 2nd Ed. Shanghai: Nat. Quar. Serv., p. 35.

18. O. Temkin(1940). Was Servetus Influenced by Ibnan – Nafis? *Bull. Hist. Med.* 8: 731 – 734.

19. Foster, p. 146.

参考文献:

Adelmann, H. B. (1942). *The Embryological Treatises of Hieronymus Fabricius of Aquapendente*. Ithaca: Cornell University Press.

Bainton, R. H. (1960). *Hunted Heretic: The Life and Death of Michael Servetus, 1511 – 1553*. Boston: Beacon.

Bayon, H. P. (1939). William Harvey, Physician and Biologist: His Precursors, Opponents and Successors. Part IV. *Annals of Science* 4: 65 – 106.

Bonelli, M. L. R., and Shea, W. R. (1975). *Reason, Experiment, and Mysticism in the Scientific Revolution*. New York: Science History.

Bridges, J. H. (1892). *Harvey and His Successors*, London: MacMillan.

Castiglioni, A. (1920). *La Vita e l' opera di Santorio. Santorio*. Bologna: Coppelli.

Castiglioni, A. (1947). *A History of Medicine*. New York: Knopf.

Chauvois, L. (1957). *William Harvey*. New York: Philosophical Library.

Clendening, L. (1933). *The Romance of Medicine*. New York: Garden City.

Fermi, L., and Bernardini, G. (1961). *Galileo and the Scientific Revolution*. New York: Basic Books.

Foster, M. (1970). *Lectures on the History of Physiology during the Sixteenth, Seventeenth, and Eighteenth Centuries*. New York: Dover.

Franklin, K. J. (1961). *William Harvey, Englishman, 1578 – 1657*. London: Macgibbon and Kee.

Franklin, K. J. (1933) . *De Venarum Ostiolis 1603, of Hieronymus Fabricius of Aquapendente(1533? – 1619)*, Springfield, Ill: Thomas.

Casking, E. (1970). *The Rise of Experimental Biology*. New York: Random House.

Harvey, W . (1628) . *Exercitatio Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus*. Translated by C. D. Leake(1930). Springfield: Thomas .

Harvey, W. *Lectures on the Whole of Anatomy*. Annotated translation by C. D. O' Malley, F. N. L. Poynter, and K. F. Russell(1961) . Berkeley: University of California Press.

Keele, K. D. (1965). *William Harvey: The Man, the Physician and the Scientist*. London: Nelson.

Keynes, G. L., ed. (1949). *Blood Transfusion*. Bristol. Wright.

Keynes, G. L., (1949). *The Personality of William Harvey*. Cambridge: Cambridge University Press.

Keynes, G. L. (1966). *The Life of William Harvey*. Oxford: Clarendon.

Landsteiner, K. (1962) . *The Specificity of Serological Reactions*. Revised Ed. New York: Dover.

Meyer, A. W. (1936). *An Analysis of the De Generatione Animalium of William Harvey*. California: Stanford University Press.

Marcus, R. B. (1965) . *William Harvey, Trailblazer of Scientific Medicine*. London: Chatto and Windus.

O' Malley, C. D. (1953) . *Michael Servetus*. Philadelphia: American Philosophical Society.

Payne, J. F. (1897). *Harvey and Galen*. London: Oxford University Press.

Power, D' A. (1897). *William Harvey*. New York: Longmans, Green.

Von Sachs, J. (1906). *History of Botany, 1530 – 1860*. Oxford: Clarenden.

Sigerist, H. E. (1933) *The Great Doctors: A Biographical History of Medicine*. Translated by E. and C. Paul(1958). Garden City: Doubleday.

Singer, C. (1925). *The Evolution of Anatomy*. London: Paul, Trench, Trubner.

Titmuss, R. M. (1971) . *The Gift Relationship: From Human Blood to Social Policy*. New York: Random House.

Underwood, E. A. (1963) . The Early Teaching of Anatomy at Padua, with Special Reference to a Model of the Padua Anatomical Theatre. *Annals of Science 19*: 1 – 26.

Veith, I. (1966). *The Yellow Emperor' s Classic of Internal Medicine*. Berkeley: University of California Press.

Webster, C. (1976). *The Great Instauration: Science, Medicine and Reform, 1626 – 1660*. New York: Holmes and Meier.

Whitteridge, G. (1971) . *William Harvey and the Circulation of the Blood*. London: MacDonald.

Willius, F. A., and Keys, T. E. (1961). *Classics of Cardiology*. 2 vols. New York: Dover.

第六章　科学及其变迁:科学社团

一　科学秩序的探索

在宗教改革运动的年代，欧洲诸邦被政治的、社会的和精神的巨大动乱搞得四分五裂。十七世纪，是新教徒革命和天主教改革的最后一个浪潮的时期。在英国，它是伊丽莎白 Elizabath、莎士比亚 Shakespeare、米尔顿 Milton、培根 Bacon、波义耳和牛顿 Newton 的时代。这个时期，虽然由于社会的大动荡，或者正因为如此，杰出的科学家不断产生，遍布全欧洲。其中有笛卡儿、莱布尼茨 Leibniz、巴斯卡 Pascal、开普勒 Kepler、吉尔伯特 W. Gilbert 和布鲁诺 G. Bruno. 由哥白尼和维萨里开创的革命的新思想在十七世纪相应地由伽利略和哈维发展到了顶点。1600 年，不幸的布鲁诺被焚烧致死，这是因所谓的"科学异端"而死于火刑的最后一个人。

由于强大而专制的统治者上台，控制了新近成为中央集

权的国家，从十五世纪后期到十八世纪后期的这段时期称作“专制主义时期”。但是，除了政治之外，在其它一些领域中，如哲学、神学和科学上，人们也都在探索着秩序和严格的制度，并由于人们过分地尊重不变性和组织性而损害了这些学科。大多数的大学仍然在宗教权威的控制之下。所有的教授和学生都必须信仰官方的宗教才能进入学校。宗教和非宗教的检查制度几乎到处都有。然而，在基督教和天主教的国家中，检查规章是如此五花八门，以致于在一个国家可公开出版的著作，在另一些更为保守的国家则会要偷偷地带进去。下面我们将会看到，当时只有私人的学术社团才是鼓励自由思想和实验科学的唯一机构。

当然，首先是伽利略、然后是牛顿改造了机械学和天文学，自然科学便获得了巨大进步。生物学从总的来说，在当时
138 的整个科学大家庭中显得非常落后。只有哈维关于血液循环的伟大著作可以算得上是第一流的科学发现。但是，这段时期大规模的探险活动，则继续把大量新的动植物物种、新的药物和食品带回欧洲，为将来动植物学的进步提供材料。

二 “研究院”的沿革

这一章的目的是梗概地介绍与新的科学协会和科学革命兴起有关的知识分子的背景和哲学倾向，而不是介绍这段时期内各种协会的兴衰存亡。

如前所述，投入科学研究的人们来自各行各业。在苏格拉底以前的时代，比起科学家来，哲学家们对实际事务更感兴趣，在对宇宙的自然解释方面也是一样。他们都是独自进行研究的个别学者，与任何“科学的”或教育的机构无关。在苏格拉底以后，比起纯粹的科学来自然哲学家们已更关心伦

理学了。在亚历山大时期，科学研究不仅受到了鼓励，而且还建立了一所规模宏大的机构用来发展科学。进入中世纪后，学者的工作先是局限于修道院内尔后才转到大学里。到了文艺复兴时期，对生物学的重大贡献虽然从艺术家的工作中涌现出来，但是这段时期生物学史上的主角却是像维萨里和哈维那样的医生，他们和权力很大的统治者或和大学都有联系。

在十七世纪，新兴的协会中的成员资格成了科学的标志和记号。这是一些叫做"科学社团"或"研究院"的协会。从某种意义上说，它们是复活了的柏拉图式的学校，但却有着不同的目的和任务。它们一般都注重实用和实验的目的，而不致力于抽象的和哲学上的研究。

笛卡儿和弗兰西斯·培根 F. Bacon, 1561－1639 那样杰出的科学哲学家，为新的科学协会提供了许多哲学上的基本原理，这些将在后面更详细地加以讨论；而哈维、伽利略和其他学者的伟大成就则为进行实验提供了方法和兴趣，使研究院生意盎然。

在十七世纪期间，新的工具以及新的观念和协会雨后春笋般地到处出现。这些有价值的科学仪器包括望远镜、钟摆、温度计、气压计、比重计、气泵、钟表弹簧，以及对生物学来说特别重要的显微镜。工具、仪器和机器数量的增加这一显著特征，使为不同的科学研究设计专门的仪器有了可能，对于科学的发展来说，这不仅是恰当的，甚至是必然的了。

就科学对当时流行的关于天、地和人的本质这些概念的冲击而言，也许没有一个时期可以比得上十六七世纪。人们曾认为在人体的构造和机制中，可以默示出"永恒不变"的天国，这种观念正在进行着急剧的重新安排。人这个微观世界，常被比作整个的宏观宇宙，但这种类比已远不是以往占星术

中的那些胡言乱语了；血液在人体内不停地循环就好比是地球围着太阳作圆周运动一样。哈维对把心脏比作太阳，以及把太阳比作国王而感到高兴。

新的实验科学变得和研究院紧密相连，而不是和威望显赫、历史悠久的大学有关。这就提出了一个显而易见的问题：为什么大学不能起到这个作用呢？产生新的科学协会决不是一个简单的过程，而大学的结构和作用，从那时起就像现在一样，与科学协会的结构和作用是不同的。而且，在那个时候，二者在宗旨上的差别也很大。大学的教育目的是以师生关系为基础的，它鼓励正规的方法而不利于新的思想。大学里尽管也有某些个别人物的突出成就，但总的来说，它继续强调的是那些古老而受尊敬的学科，这些学科有权威性的教科书和人所公认的学术高度。大学普遍认为它们的任务是维护过去的知识，并把这些知识传给新的一代，而不是促进那些新的思想和技术。

研究院与大学不同，它们是一些富有天分和热情的个别人物平等地相互交往的场所。大量有批判精神的知识分子汇集在富有鼓励性的环境中进行演示和实验，由此推动了新的探索。定期出版的杂志和科学协会之间的交流，增加了资料的交换。争夺奖品和奖金的竞争促进了人们去寻找新的事实和思想，并且导致进行研究和批判性的评价。当这些研究院成功地得到政府的许可和保护后，它们还可以作为自由地交换新思想的安全场所。这些协会还能吸引富裕的倡导者，他们可能捐出自己的"珍藏柜"、购置收藏品和仪器的基金。

弗兰西斯·培根 Francis Bacon 1561－1626

尽管培根对科学方法怀有巨大的热情，而对科学知识本身却无直接贡献，但是，他对指导科学事业发展的哲学和科学协会确实有很大的影响。像普林尼一样，他完全是一个十

分热心的业余爱好者，以致于不能对事实和空想做出批判性的判断。然而，他却极有远见地认识到科学将会在社会中起重要的和非常有价值的作用。他把精力用于解释科学的方法论，提出能保证其应用的手段，并鼓励人们去从事他预言的新的科学事业：理解自然和控制自然。

作为一个重要的政府官员掌玺大臣的儿子，培根在舒适和富裕的生活中长到十七岁。父亲的去世迫使他为生活而工作。他对科学和智力活动很感兴趣，为了获得进行这些活动所需要的时间，他不得不在谋求经济保证上花费精力。他必须从所喜爱的科学研究项目上分出许多精力转到追求政治权力、获得公职和财富的活动上。培根陷入了十七世纪复杂的政治之中。他在剑桥三一学院 Trinity College 和伦敦格雷氏协会 Gray's Inn 受教育后，第一次就任公职是跟着英国大使出使法国。1584 年，他担任了议会议员。可是在伊丽莎白女王时期，他企图获得公职的打算受到了挫折。最后在詹姆斯一世 James Ⅰ时，他才达到了自己的目的。他成了爵士 1603，国王的内阁成员 1604，副检察长 1607，检察总长 1613，掌玺大臣 1617。后来他担任了大法官兼上议院议长 1618。1621 年，不幸的培根卷入了受贿丑闻之中，以行迹败坏受到控告并被定罪、罚款。最后"按国王的意愿"被关押在伦敦塔监狱。虽然四天后，詹姆斯一世国王赦了他，免去了罚金，解除了监禁，但培根的政治生涯便从此毁灭。他在受辱和心情压抑的情况下，以完成和扩充他的著作度过了最后五年的岁月。

为了总结和分析当时人类所具有的全部知识，培根在他的著作中提出了一个宏大的纲要，计划写一本关于工艺和实验的百科全书。他还预言在收集了这么广博宏大的知识后，就会从中形成一个伟大的新的综合。科学将会受到这个综合的指导和约束，为人类提供福利，使人们生活舒适、社会繁荣

昌盛。他的《学术的进步》一书在 1605 年出版后，成了鼓舞后几代科学家的普及著作。他主要是为了实现称为“学术的伟大复兴”的庞大计划，在 1620 年出版了其中一部分，但始终未全部完稿。

后来“培根的方法”终于成了“科学的方法”的同义词。达尔文甚至也会觉得，他是完全恪守着培根的原则而工作的。培根的方法（归纳法）包括在调查中尽力收集某些特定的例子或事实，剔除那些并不始终伴随着被研究现象的因素。这种方法的根据是，培根认为，引起事情发生的原因和形式隐藏在大量混乱的已知事情之后。科学的任务就是通过从较为具体的进到较为普遍的命题，“就像用一部机器一样”来分析经验，从中得出正确的结论。通过“事例的分门别类和列表”，就能得出假设（例如“波义耳定律”）。培根不相信从一般到较
141 为具体的演绎法，这种方法要靠直觉的思想，而不是培根提倡的，对事实进行严格客观的筛选。[1]

培根希望能指出这样一条道路，沿着它可以达到“经验和理性的真正合法的婚配；两者被粗暴地和不幸地隔离开来，是人类大家庭的事务陷入混乱的原因”。[2] 他相信，工艺得到发展是由于许多个别的人都对它的成长有所贡献；但是，哲学的进步则受到抑制，因为已被大家接受的哲学体系只是一个头脑的产物。伟大思想家的追随者们不是往人类得到的知识里再加进些什么，而只是听任自己的“智慧”围着过去的哲学大师转。哲学与它的基础——经验相分离，使哲学早在苏格拉底前的首批希腊哲学家时代就开始走向衰落。培根抵制了大学的烦琐哲学，公开攻击亚里士多德和柏拉图。他争辩说，神学应该与科学和哲学分开。由于他的新哲学反对唯心论而倾向于唯物主义，因此他喜爱苏格拉底以前的、尤其是德谟克利特和卢克莱修的哲学。他赞成工艺传统和自然哲

学重新联合。从这种富有生机的联合中，就能得到许多能改进人类环境的有价值的发明，并从而了解和控制自然。

按照培根的观点，科学应是新的教育的基础，而大学则不可能提供这种联合工艺和科学所必需的技术和实用的教育。因此很需要产生一些能够把科学和技术结合起来的新的学术机构。

在培根的纲要中，对科学研究的财经援助是个优先考虑的问题。如能得到适当的支持，科学就能把国际上的政府和专家之间兄弟情谊建立起来。科学家和技术人员就会是一个新世界的管理者和改革者、能把这个新世界建设得像人类"堕落"前的伊甸园那样美丽。

培根相信，只要有一部篇幅约六倍于普林尼《自然史》那样的百科全书，他就能够解释一切自然现象。詹姆斯一世在读培根的《新工具》时据信是睡着了，忽略了培根要完成这样宏伟计划所需要的支持。哈维则以"他在像大法官那样写哲学"的评语，表示他对培根的计划持消极的态度。但是，杰弗逊 T. Jefferson 认为世界上最伟大的三位学者是牛顿、洛克 Locke 和培根。不过，为了实现造福于人类的生活目标，培根所进行的斗争也许不尽有效，尽管他充满着热情，这是有点讽刺意义的。然而，在前不久反唯理论和反科学的现代浪潮中，他却成了人们攻击的目标。[3]

培根作了一些敏锐的观察并提出了一些具有独创性的预言。他注意到新旧大陆之间的一致性。在认识了自然界中动、植物变种的重要性后，他预言人类可以"通过工艺"培育出有用的新种。在十七世纪能称为自然科学成就的东西很少。在当时，科学"仅仅是阐明已发现的事物，对它们进行排 142
定秩序的良好方式"，而不是"发明和指导新事物的方法"。科学的进步不是依靠"在旧有的事物上增添或引进新的内容"，

而是为科学发展奠造新的基础。

为消除神学家们担心科学会动摇宗教权威的顾虑，培根把科学描写成宗教“最忠诚的婢女”和“按照上帝的话来……反对迷信……的最有把握的药剂”。培根甚至写了一个祈祷词说：“但愿人类的事务不会干扰神的事务”，当人们头脑清除了“幻想和虚荣”后，它将“拜倒于，且全部臣服于神圣的圣经之下”，并且“把信仰应得的份额归于信仰”。[4]

在某些方面，培根很像普林尼。他认为自己是科学好奇心的殉道者。1626 年 4 月，他在进行一次观察用雪填塞小鸡肚子的效果的实验中受了风寒而去世。

笛卡儿 René Descartes 1596 – 1650

对于科学有影响的另一个哲学家是笛卡儿。在许多方面，他与作为“工艺科学的哲学家”的培根相反。笛卡儿是一个有才华的数学家，由于发明了解析几何而备受尊敬。他提倡演绎法和数学法。培根则偏爱收集事实和进行实验，不太相信数学和演绎的逻辑，认为这些方法统治科学思想的时间太久了。

笛卡儿出生于法国一个富裕的家庭，他父亲曾是伦尼斯议会的顾问。母亲在他出生时便去世了。他年轻时还患有肺病，身体特别虚弱，似乎命定要夭折的。笛卡儿在弗莱克 Fleche 的耶稣会学校受教育。在那里他对数学发生了兴趣，并认为其它的教育都是诡辩。后来，他成了一个工程师，涉猎星占学，并且喜欢与数学家和自然哲学家交往。很明显，在无休止地参与这些活动而又不能得到满足的情况下，笛卡儿应募参加了奥林奇 Orange 亲王的部队。

在荷兰的战火间歇期，笛卡儿开始寻找机会转移到德国去。1619 年，他在德国加入了巴伐利亚 Bavarian 军队。当他坐在一个“火炉”（或许是温暖的房间）里的时候，他被一种充

满激情的理性经验所征服了，这样，给他留下了一种深刻的哲学洞察力。他的《论方法》1627 一书，向众人介绍了他的发现。他以出售产业为生，这样便可不用工作而专心于研究。笛卡儿曾游历过瑞士和意大利，并在巴黎定居了一段时期。1629 年，他发觉自己的观点对法国来说太不合时宜了，因此迁居荷兰，在那儿住了二十年。在此期间，他研究了数学、光学、音乐理论、天文学、气象学和解剖学。

当伽利略因支持哥白尼关于天体系统的异端观点而遭到宗教法庭审查时，笛卡儿便放弃了出版自己与伽利略观点相同著作的计划。他相信，哥白尼的学说与他的《关于世界的论述》一书中的每个部分都是如此紧密相关，以致于"如果把它们彼此分离开来，其余的部分就不可能不发生错误"。此后，由于害怕因持异教观点而受迫害，他的行动大大地受到影响，使他在生前可能毁掉了一些著作，并且也压制了其它著作的出版发行。[5]

在荷兰的时候，笛卡儿甚至也担心有人反对他已出版的著作，尤其是那几篇企图证明上帝存在的文章。尽管他习惯上很谨慎，但他的观点仍然太激进了，从而受到控告。他被迫逃到海牙请求奥林奇亲王的帮助。最后，他受到对科学和数学很感兴趣的瑞典女王克里斯蒂娜 Christina 的邀请，去参加了她在斯德哥尔摩的皇室的工作。笛卡儿每天清晨五点冒着严寒去给女王上课，五个月以后，因患肺炎而去世。

笛卡儿对科学和哲学有如此广泛深远的影响，以至许多与牛顿同时代的人物都认为自己是他的门徒。笛卡儿读过并评判过培根的著作。他，像培根一样，也是个业余的科学家。在范围广泛的大前提上，他一般是正确的；而在具体的特殊问题上，如我们将在第九章中讨论的生理学问题上，他却常常发生差错。和培根不同的是，他把主要的原则放在首位，并

使观察到的事实和实验的结果去服从这些原则。对于自然哲学他也有一个庞大的纲要和计划。在建立概述自然界各种运动的机械模式中，他打算使用数学方法。他对方法论的研究便是为实现这个打算而做的最重要的努力。在笛卡儿体系中，实验虽然有一定的作用，但可肯定，仅居次要地位而已。他认为概念是从基本原则推论出来的，实验则应该用来说明这样的概念，或者当直观的推论模棱两可时，作为在几种可能性中进行选择的手段。在谈到笛卡儿时，不应该不提一下他那非常有名的格言或最重要的原则“我思故我在”。他还说：“给我运动和广延，我就能构造出世界。”

很明显，无论是培根还是笛卡儿，都不能单独地对科学和技术的发展提供全面的指导。惠更斯 C. Huygens 1629－1695 已认识到了这一点。他评论说，笛卡儿忽略了实验的作用，而培根则不能正确评价数学在科学方法中的地位。真正
144 需要的是这两者的综合，否则就不能成为完整的科学方法。不管科学家们宣称他们遵循的是哪种方法论，埋头于搜集枯燥的事实和直觉地产生灵感，二者都曾对他们的实际研究工作有过帮助。

像培根一样，笛卡儿也否定那种认为科学应该是“纯粹的”、不必有实际用途的欺人之谈。他特别相信对生物学科的研究将对医药学并将最终对人类福利做出贡献。在关于生理学的一章中，我们将对笛卡儿的成就着重加以讨论，因为他在机械论生理学的发展中起了重要作用。

意大利研究院的沿革

伦敦皇家学会和巴黎皇家科学院固然是历史最悠久、最有名望的科学社团，曾经是科学和文艺复兴运动中心的意大利，也是最早的学术活动的起源地。

①“探索自然秘密协会” *Academia Secretorum Naturae* 成

立于十六世纪六十年代，其成员常在领导人波塔 G. della Porta 1538－1615 的那不勒斯的家中集会。这个团体在吸收成员时采取了一个重要的步骤，即入会者必须提出自然科学中的一个新的事实作为入会的条件。这个协会在集会时，鼓励会员收集新的事实、进行新的实验，从而产生了约二十本论文集。不幸的是，有人怀疑这些自然哲学家们热衷于搞巫术，导致这个社团很快就解散了。

②另一个称为林西研究院 Academy dei Lincei：即猞猁研究院 Academy of the Lynx Eye 的学术社团，从 1603 年到 1630 年，在富裕而有才华的实验家塞西 F. Cesi 1585－1630 公爵的资助下在罗马活动。在它的三十二个成员中，有伽利略、波塔和皮雷斯克 N. F. de Peiresc 1580－1637。皮雷斯克是法国人，他对伽利略的工作以及整个欧洲的科学情报交流很感兴趣。与其它的重要仪器和出版物一样，伽利略的“显微镜”也是在这个协会中得到发展的。同样，这个极有价值的创办科学社团的尝试还没有成熟，便又一次夭折了。1615 年，这个协会的成员因对谴责哥白尼的思想持不同意见而陷入分裂。最后，随着 1630 年公爵的去世，协会也从此告终。

③佛罗伦萨的辛曼托研究院 Accademia del Cimento，即实验学社 Academy of Experiments，鼓励自然哲学家们共同协作进行研究。这个团体中有伽利略的门徒，以及博雷利 G. Borelli 1608－1679，他是一个数学家，对肌肉生理学有特殊兴趣。还有雷迪 T. Redi 1621－1691，他以他所做关于自然发生的实验而出名。在梅迪西 Medici 兄弟、大公费迪南第二 Grand Duke Ferdinand Ⅱ和利奥波德 Leopold 的资助下，这个研究院建立了一个装备良好的实验室，它对实验和讨论很有促进作用。在《实验报告》1667 一书中，第一次公开发表了介绍重要

的科学仪器如气压计、温度计和比重计的文章。这个团体早在十七世纪四十年代就开始集会，但在 1667 年突然结束了。解散的理由尽管含糊不清，但是里奥波德在那年被任命为大主教可能是其中的主要原因。

这些早期的意大利科学社团追求的是实验性的科学，一般都避免探索思辨性的或容易引起争论的领域。这并不是"科学"已经成功地与哲学和神学相分离的缘故，而是因为自然哲学家们为了保护自己，必须避免那些危险的课题。这对科学理论的发展当然是不幸的，但它在一段时期内鼓励了人们去进行实验、发明科学仪器。这些对后来的科学家们则很有价值。

其他零星的科学研究院

在欧洲的许多国家和美国，科学研究院都得到了发展，但是没有一个比得上享有威望的伦敦皇家学会和法兰西科学院。

三　英国的科学研究院

由于十七世纪英国在政治上的分裂（在论述它对哈维的经历所产生的影响时已经讨论过了，英国的科学研究院成立的时间参差不齐。虽然由查理二世 Charles Ⅱ 批准的皇家学会直到 1662 年方正式成立，但是它的前身可追溯到十七世纪四十年代科学家们在伦敦和牛津举行的非正式的集会。早在 1616 年，博尔顿 E. Bolton 已经试图建立一个正式的组织，并且实际上已经得到国王詹姆斯一世和议会的赞成和接受，但国王的去世使这个计划失去了一切的动力。

十七世纪四十年代，一群年轻的科学家开始以"哲学研究会" Philosophical College 名义定期在伦敦集会。其成

员有威尔金斯 J. Wilkins、沃利斯 J. Wallis、福斯特 S. Foster、戈达德 J. Goddard、恩特 G. Ent。稍迟一些还有波义耳和佩蒂 W. Petty。会议在团体成员的家中举行或者在奇普赛德 Cheapside 的牛首酒店或主教门的格雷山姆 Gresham 学院举行。

当克伦威尔 Cromwell 在牛津掌权后不久，成立了一个议会委员会对大学进行改组(1648)。威尔金斯被任命为沃德姆 Wadham 学院的院长，不久吸引了许多重要的学者来牛津，并且成立了一个叫做“哲学社团” Philosophical Society 的科学俱乐部，一直活动到 1690 年。在 1660 年，查理 146
二世复辟，英国科学活动的中心又回到了伦敦，权力的平衡和对大学职务的任命也随之起了变化。1660 年 11 月，当雷恩 C. Wren 在格雷山姆学院进行了一次讲演后，聚集在一起的科学家正式宣布对成立一个“促进物理—数学实验知识的学院”感兴趣。始终参与此事的威尔金斯被选为主席。在许多对科学感兴趣的人们中选出四十一人负责这个正式的计划。国王通过廷臣莫里 R. Moray 爵士传下口谕，同意成立这个学院。同时，莫里当选为这个学术团体的会长。两年后国王授予这个团体许可证，正式批准组成“增进自然知识皇家学会” The Royal Society for the Improvement of Natural Knowledge。斯普拉特 T. Sprat 本人尽管与科学上的任何特殊发现并无联系，但对新的实验方法却极为热情。1667 年，他写了《皇家学会史》。学会的得力秘书奥尔登伯格 H. Oldenburg 1615 – 1677 本人也不是一个科学家，但他同样是实验方法的提倡者。他进行大规模的通讯工作，向遍布欧洲的科学家和科学社团宣传他对科学和皇家学会的热情支持。

生前受到忽视的培根现在成了皇家学会充满朝气的灵

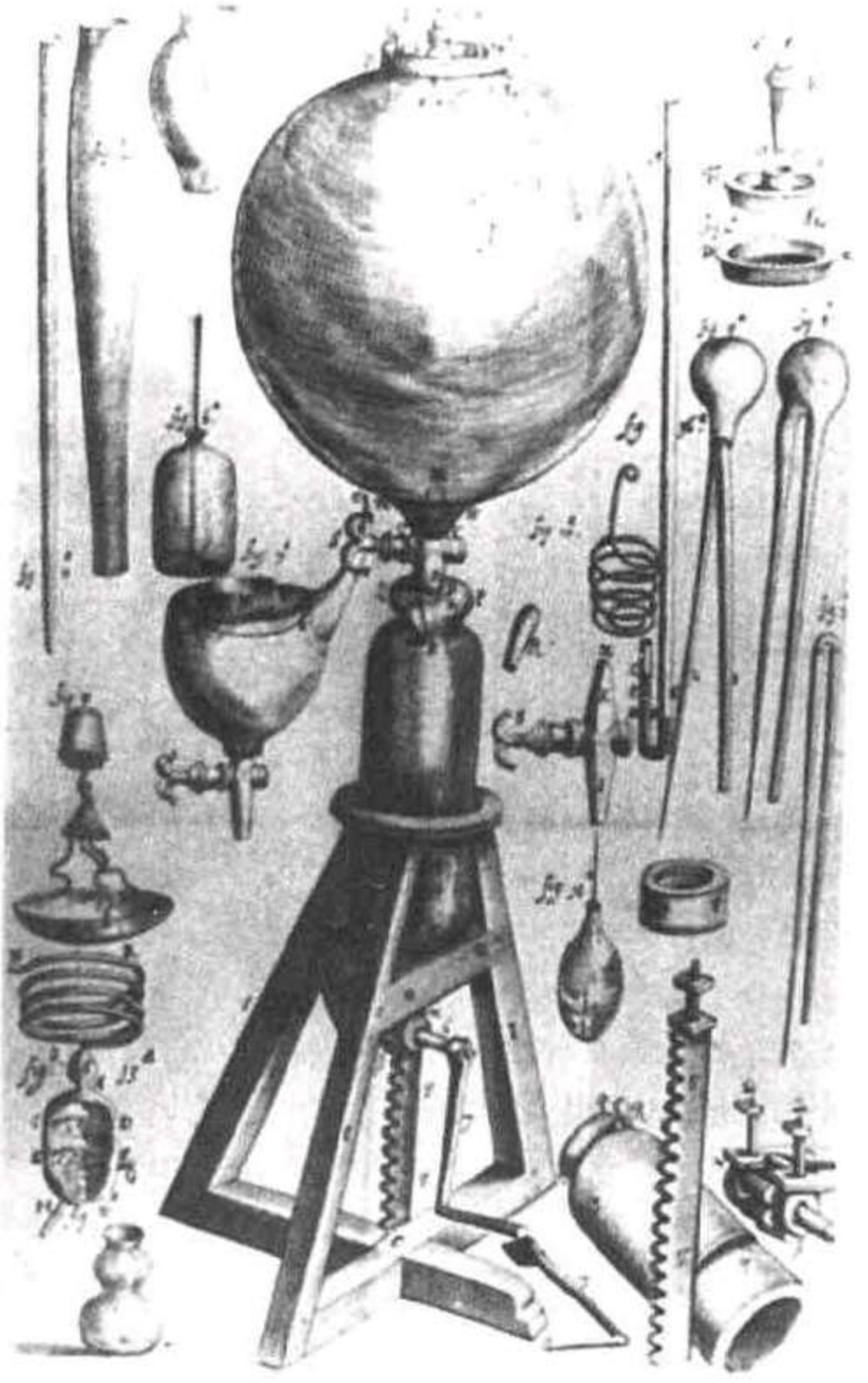


图 6－1　波义耳的第一个气泵
引自 J. F. Fulton 和 L. G. Wilson《生理学史选读》1966

魂。学会的某些成员努力贯彻他提出的方针和计划，例如编写工艺和商业的“历史”。学会的实验干事胡克 R. Hooke 1635－1703 在对皇家学会所从事的“高贵事业”的描述中，反映了培根关于真理和效用是同一回事的原则。他所说的事业是指“改进制造业和农业，扩大商业，维护航海业的利益”。在从事这些有用的工艺、制造和发现时，学会的成员保证避免涉及语法学、修辞学、逻辑学、政治、道德、形而上学和神学。为了哲学的进步，学会制定的规则是：“避免教条主义的论述，避免支持任何缺乏实验基础，未经实验证实的假说。”[6]

皇家学会并没有强调对生物学的研究，但其中许多成员进行的实验和发明对生物学的进步极为重要。波义耳被人们主要当作化学的改革者加以纪念，但他用气泵进行的呼吸和生物氧化的实验对生理学具有非常重要的意义。一些会员除了进行物理学和化学实验以外，还继续和改进了哈维研究血液系统的工作；进行了许多食物和药品的静脉注射实验，并试图进行人与动物之间的输血实验。

这段时期中，在多才多艺、勤奋工作而少取报酬的科学家中间，最为突出者是胡克。他是皇家学会的实验干事，是富裕的波义耳的助手。他设计和改进了许多仪器，如气泵、天平、钟表弹簧和万向接头。作为一个干事，他负责每周的演示实验以启发学会会员。他进行了如维萨里、列文虎克描绘过 147
的实验，也设计过一些独创性的实验。虽然人们只记得他是个物理学家，但他对生物学有重要贡献；特别是通过对显微镜的研究、关于空气性质的实验以及对空气、呼吸、氧化三者关系的研究而对生物学所作的贡献。1677 年，奥尔登伯格死后，他就任联合秘书。由于他和牛顿之间的争论，在科学史上胡克几乎被人忘记了。

四　法兰西科学院

像伦敦皇家学会一样，法兰西科学院也起源于传统的非
148 正式的科学家集会——但是这两个社团以后的发展却迥然不同。伦敦皇家学会相对于受政府的控制来说是相当独立的，而法国的社团和政府却有紧密的联系。它如此依靠皇室的资助以致于院士的任命及薪金的支付全由政府负责。

十七世纪早期，为数众多的知识分子团体常在巴黎及其附近区域举行私人集会，探究当时遍及欧洲的新科学。其中一个小组的鼓动者是皮雷斯克。另一个团体则围绕在默赛尼 M. Mersenne 1588－1648 的周围。默赛尼是一个作家和科普工作者，他与伽利略、笛卡儿和霍布斯 Hobbes 保持着远距离的通讯。尽管这样的团体都是自愿结合的、各有其特殊的风格，并且都是自发地组织起来的，但它们长期苦于经济困难和组织的不稳定。后来，认真的科学家们求助于政府，要求政府帮助他们解决必需的资金和工作的稳定性问题。最后，1666 年 12 月 22 日，在路易十四的私人图书馆中，这个新的科学研究院举行了第一次官方会议，它能取得官方的地位应归功于科尔伯特 Jean－Baptiste Colbert 1619－1683。他是路易十四的顾问和大臣。他劝说国王同意成立并资助这个新的科学社团。在以后半个世纪中，这个研究院发展成了如哈恩 R. Hahn 所说的“政府的一个新的机构”，“法国的艺术鉴赏家变成职业科学家的一个途径”。[7]1699 年，这个研究院制定了关于对国王与政府的义务关系、成员资格与审核程序的一整套规则。这个研究院在罗浮宫由国王供给舒适优裕的条件，充分表明了它是政府的一个工具。

法兰西科学院与英国的皇家学会有重大的差别。英国的

查理二世对皇家学会除了给予许可证并表示祝福外，其它的什么也不给。巴黎科学院创立时，约有二十名成员，他们都由国家任命并发给薪俸。这样，巴黎科学院就成了西欧第一个把科学纳入由政府供给业务资金、受政府控制的轨道的科学团体。开始这样做是有许多优点的。研究院可以在皇家图书馆内举行集会和进行实验。皇家图书馆的馆长、显微镜学家斯旺麦丹的保护人特夫南特 M. Thevenot 1620－1692 是个有影响的成员。对纯科学和应用科学都具有强烈兴趣的科尔伯特给了科学院广泛的自由，他仅仅通过一般的指示指导科学院的工作。科学院获得了资金来源，发布了国家统一标准，建立了对各种工业和发明制定规章制度的权力，并且成了政府关于技术事务的"智囊团"。

在科学院的初期，它所采用的计划颇受培根著作的影响，它已计划并开始编写"历史"和目录。[1]但是，也像英国一样，培根功利主义的影响很快就下降了，而笛卡儿的科学理 149
论便成了主导思潮。然而，它又与英国皇家学会不同，它是被一根资金来源的脐带紧紧地缚在政府的目标上的。后来，国防大臣卢弗瓦 delouvois 侯爵接替了科尔伯特的位置。他对科学院的"合适目标"毫不含糊。他认为，科学院应该专心致力实现对国王和政府有用的项目。不幸的是，这个思想狭窄的人把国王和政府的需要单纯看作是实用的甚至是日常琐事。他命令科学家们研究与皇宫的人造喷泉和赌博游戏有关的问题。1693 年，庞复特雷恩 Pontchartrain 接替了卢弗瓦，他任命其侄子比格农 Bignon 担任科学院院长。科学院增加到七十个成员，这些人的等级差别很大。他们都由政府供给薪金，

① 法国科学院采纳培根的建议，编写自然现象和技艺过程的"历史"，共同收集一部动植物的博物史，后又编了一个机械的发明的庞大目录。

并受政府控制。

法兰西科学院从路易十四到拿破仑时代都是非常重要的。这段动荡不安的时期内，科学院和法国社会之间产生了各种紧张状态、冲突和政治压力。这使得科学院在有时候具有非常强大的力量，但随后历史的力量把科学院变得残缺不全，逐渐解体，最后终于把它重组了。由于科学院是旧统治政体的一个部分，它日趋僵化而又沾沾自喜，自命不凡，这种优越感给它带来了许多敌人。它被迫要双重地效忠于政府和科学。科学院最后发觉，要同时为两者服务，缺点多于优点。

法国革命摧毁了旧制度。有些科学院院士死于恐怖时期，有的则被迫永久迁居国外。最后，这个科学社团在平均主义的基础上进行了重组。法兰西科学院在十八世纪促使法国科学达到了高质量的水平，并且把科学从消遣娱乐变成了一种职业。法国革命后，国家艺术和科学学会 the National Institute of Arts and Sciences 代替了科学院。虽然这个新的学会是作为证明法兰西的文化成就和有用发现的见证，但其中几乎有一半成员是科学领域的代表。政府给这个学会的所有成员发薪金，并希望他们成为政府的顾问和官员。政府保持对学会的严格控制，并强调他的功利主义任务作为换取政府支持的条件。与其他国家独立的和职业性的科学团体的发展相比，法兰西学会成了一个陈腐老式的组织、一种保守的势力，它起了消耗法国科学的精力和暗中破坏法国科学前途的作用。

五　美国的科学社团

在美国，即使是殖民统治的早期，科学就是一个人们感兴趣的问题。英国在这里的殖民地特别受到皇家学会的影响。有些美国人还被选作皇家学会的会员。在英国的查理一

世与议会的战争期间，温思罗普 J. Winthrop 总督曾邀请皇家 150
学会迁到美国的康涅狄格州去。1663 年，温思罗普被选为皇家学会会员，以后又担任了皇家学会在西部世界的主要通讯会员。马瑟 C. Mather 在 1756 年保持了与皇家学会的通讯联系。I. 马瑟 I. Mather 早在 1683 年就以皇家学会为榜样，在波士顿建立了一个科学社团，这就是“波士顿哲学协会” the Boston Philosophical Society。不幸的是这个团体并没有像英国那样注意避免关于宗教和政治的争论，这些因素很快导致他的失败。

在美国的创建者中，富兰克林 B. Franklin 1706 - 1790 和杰弗逊十分活跃，他们把科学带到了美国。富兰克林建立了称为“琼托”Junto 的团体，每周在费城集会。这个讨论自然史和哲学的俱乐部，后来并入了美国哲学协会 the American Philosophical Society。这是美国现存最古老的学术团体。美国艺术和科学研究院 the American Academy of Arts and Sciences 于 1780 年在波士顿成立，这是建立在美国的第二个最主要的学术团体。亚当斯 Adams 家族的成员和这个学术团体的建立与发展密切有关。这个团体最早的成员有华盛顿 J. Washington、富兰克林、杰弗逊、汉密尔顿 A. Hamilton、马迪森 Madism 和亚当斯。在这期间，许多特定领域中的和地区性的学术俱乐部纷纷成立，后来又逐渐消失，只有美国哲学协会和美国艺术和科学研究院变成了永久性的全国性学术社团。这些社团产生在充满培根的功利主义的时代，它们还以发扬新共和国的“文化上的民族主义”的精神为目标。[8] 像皇家学会一样，美国的研究团体基本上保持了对大学和政府的独立性。

在美国，由政府主办科学社团及研究工作是到相当近代的时候才有的事。第一次世界大战后，各种各样的社团组成

了全国性的“委员会”或“学会”，如：美国教育委员会 the American Council on Education，国家科学院 the National Academy of Sciences，国家科学研究委员会 National Research Council，美国学术团体委员会 the American Council oJ Learned Societies 和社会科学研究委员会 the Social Science Research Council。

全国科学院的前身可以回溯到 1840 年创立的两个全国性学术团体：全国促进科学协会 the National Institution for the Promotion of Science 与美国地理学家和博物学家学会 the American Society for Geologists and Naturalists，后者在 1848 年改名为美国科学促进会 the American Association for the Advancement of Science。科学家们和政府官员们要求成立一个科学院来补充当时业已存在的各种协会并且指导国家的科学政策。1863 年，国会正式批准了全国科学院作为联邦政府关于科学和技术问题的官方顾问。按照这个批准书，“科学院
151 应该在接到政府任何一个部门的要求后，对科学艺术的任何问题进行调查、研究、实验和汇报。这些调查、研究、实验和汇报的实际费用可在逐项的专用拨款中开支，但是科学院为美国政府所作的任何服务性工作不另付酬”。[9] 鉴于法兰西科学院内那种政府和科学的关系所产生的种种紧张局面，这项制度近来已成为争论的议题。[18]

虽然讨论全国卫生研究所 National Institutes of Health 和全国科学基金会 National Science Foundation 的历史超出了本书的范围，但提一下这两个组织还是必要的。成立于 1930 年的全国卫生研究所，是由一个不幸运的细菌学研究实验室演变来的，实验室于 1887 年建立在斯泰坦 Staten 岛上。全国卫生研究所是美国公共卫生署的一个组成部分。全国科学基金会，原先是用来支持纯理论研究的学会，直到 1950 年才成

立。很明显，这两个组织与第一次科学革命中自发产生的科学社团是不相同的，它们揭示的是新学会演变过程中科学和社会之间的那种持续不断的相辅相成的作用。

注　释：

1. Francis Bacon(1870). *The Works of Francis Bacon*. Collected and edited by J. Spedding, R. L. Ellis, and D. D. Heath; new edition in 14 vols; reprinted 1968, New York: Garrett; especially vol. IV, *The New Organon*.
2. Bacon, IV – 19.
3. T. Roszak(1973). *Where the Wasteland Ends*. New York: Anchor; especially Chapter 5.
4. Bacon, IV – 52, 48, 89, 20.
5. R. Descartes(1664). *Treatise of Man*. Translation and commentary by T. S. Hall (1972). Cambridge, Mass.: Harvard University Press, p. xiii.
6. R. Hooke(1665). *Micrographia*. Reprint 1961. New York: Dover, see Hooke's letters to the king and Royal Society(no page numbers).
7. R. Hahn(1971). *The Anatomy of a Scientific Institution: The Paris Academy of Sciences, 1666 – 1803*. Berkeley: University of California Press, p. 4.
8. See B. Hindle(1956). *The Pursuit of Science in Revolutionary America, 1735 – 1789*. Chapel Hill: University of North Carolina Press.
9. J. C. Kiger(1963). *American Learned Societies*. Washington, D. C.: Public Affairs, p. 124.
10. P Boffey(1975). *The Brain Bank of America*. New York: McGraw – Hill.

参考文献：

Abbot, E. A. (1885). *The Life and Works of Francis Bacon*. London: MacMillan.

Andrande, E. N. da C. (1954). Robert Hooke. *Sci. Amer. 191*: 94 – 98.

Bacon, F. (1870). *The Works of Francis Bacon*. Reprint 1968. Collected and Edited by J. S. Spedding, R. L. Ellis, and D. D. Heath. 14 vols. New York: Garrett.

Bates, R. S. (1945). *Scientific Societies in the United States*. New York: Wiley.

Beck, L. J. (1952). *The Method of Descartes; A Study of the Regulae*. Oxford: Clarendon.

Bloland, B. C., and Bloland, S. M. (1974). *American Learned Societies in Transition: The Impact of Dissent and Recession.* New York: McGraw – Hill.

Buffey, P. (1975). *The Brain Bank of America.* New York: McGraw – Hill.

Brasch, F. E. (1931). The Royal Society of London and its Influence upon Scientific Thought in the American Colonies. *Sci. Monthly 33: 337 – 355*, 448 – 469.

Bronk, D. W. (1975). Marine Biological Laboratory: Origins and Patrons. *Science 189*: 613 – 617.

Bronk, D. W. (1975). The National Science Foundation: Origins, Hopes, and Aspirations. *Science 188*: 409 – 414.

Bush, D. (1939). *The Renaissance and English Humanism.* Toronto: University of Toronto Press.

Cameron, H. C. (1952). *Sir Joseph Banks.* London: Batchworth.

Crowther, J. G. (1960). *Francis Bacon: The First Statesman of Science.* London: Cresst.

Descartes, R. *Treatise of Man.* Translated by Thomas Steele Hall (1972). Cambridge: Harvard University Press.

Descartes, R. (1637). *Discourse on Method: Optice, Geometry, and Meteorology.* Translated by P. J. Olscamp (1965). Indianapolis: Bobbs – Merrill.

Drake, S. (1966). The "Academia dei Lincei." *Science 151*: 1194 – 1200.

Espinesse, M. (1956). *Robert Hooke.* Los Angeles: University of California Press.

Farrington, B. (1949). *Francis Bacon, Philosopher of Industrial Science.* New York: Schumen.

Fay, B. (1932). Learned Societies in Europe and America in the Eighteenth Century. *Amer. Historical Review 37*: 255 – 266.

Hahn, R. (1971). *The Anatomy of a Scientific Institution: The Paris Academy of Sciences, 1666 – 1803.* Berkeley: University of California Press.

Haldane, F. S. (1905). *Descartes: His Life and Times.* London: Murray.

153

Hall, A. R., and Hall, M. G., eds. (1967). *The Correspondence of Henry Oldenburg.* Madison: University of Wisconsin Press.

Hartley, H., ed. (1960). *The Royal Society: Its Origins and Founders.* London: Royal Society.

Hartley, H. (1960). The Tercentenary of the Royal Society. *Amer. Sci. 48*: 279 – 299.

Herrnstein, R. J., and Boring, E. G., eds. (1965). *A Source Book in the History of*

Psychology. Cambridge: Harvard University Press.

Hindle, B. (1956). *The Pursuit of Science in Revolutionary America, 1735 – 1789*. Chapel Hill: University of North Carolina Press.

Kearney, H. F. (1971). *Science and Change, 1500 – 1700*. New York: McGraw – Hill.

Keeling, S. U. (1968). *Descartes*. London: Oxford University Press.

Keynes, G. L. (1960). *A Bibliography of Dr. Robert Hooke*. Oxford: Clarendon.

Kiger, J. C. (1963). *American Learned Societies*. Washington, D. C.: Public Affairs.

Kraus, M. (1942). Scientific Relations Between Europe and America in the Eighteenth Century. *Sci. Monthly* 55: 259 – 272

Kronick, D. A. (1952). *A History of Scientific and Technical Periodicals*. New York: Scarecrow.

Lange, E. F., and Buyers, R. F. (1955). Medals of the Royal Society of London. *Sci. Monthly* 81: 85 – 90.

Lyons, Henry (1944). *The Royal Society, 1600 – 1940*. Cambridge: Cambridge University Press.

Mason, S. F. (1966). *A History of Science*. New York: Collier.

Martin, D. C. (1960). The Tercentenary of the Royal Society. *Science 131*: 1785 – 1790.

Matzke, E. B. (1943). Concepts of Cells Held by Hooke and Grew. *Science 98*: 13 – 14.

Merton, R. K. (1938). Science and Technology in 17th Century England. *Osiris IV*: 360ff.

Moe, H. A. (1960). Tercentenary of the Royal Society. *Science 132*: 1816 – 1822.

Montagu, B. (1844). *The Works of Francis Bacon*. Philadelphia: Carey and Hart.

More, L. T. (1944). *The Life and Works of the Honourable Robert Boyle*. London: Oxford University Press. Oleson, A, . and Brown, S. C. (1976). *The Pursuit of Knowledge in the Early American Republic: American Scientific and Learned Societies from Colonial Times to the CivilWar*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.

Ornstein. M. (1936). *The Role of Scientific Societies in the Seventeenth Century*. Chicago: University of Chicago Press.

Porta, della G. B. (1658). *Natural Magick*. New York: Basic Books. Reprinted 1957.

Power, H. (1664). *Experimental Philosophy*. London: Martin and Alestry. Reprinted

1966. New York: Johnson Reprint.

Redi, F. (1668) . *Experiments on the Generation of Insects* (1668) . Translated by M. Bigelow (1909). Chicago: Open Court.

Rosenberg, C. E. (1976) . *No Other Gods: On Science and American Social Thought*. Baltimore: Johns Hopkins Press.

Roszak, T. (1973). *Where the Wasteland Ends*. New York: Doubleday.

Roth, L. (1937). *Descartes' Discourse on Method*. Oxford: Clarendon.

Scott, J. F. (1952) . *The Scientific Work of Rene Descartes, 1596 – 1650*. London: Taylor and Frances.

Smith, A. G. R. (1972) . *Science and Society in the 16th and 17th Centuries*. New York: Harcourt, Brace, Jovanovich.

Spedding, J. (1878) . *An Account of the Life and Times of Francis Bacon*. Boston: Houghton, Osgood.

Sprat, T. (1667) . *History of the Royal Society*. Facsimile of 1667 edition, edited with critical apparatus by J. I. Cope and H. W. Jones. St. Louis: Washington University Press. (1958)

Stimson, D. (1968) . *Scientists and Amateurs: A History of the Royal Society* New York: Greenwood.

Thorndike, L. (1923) . *A History of Magic and Experimental Science*. New York: Macmillan.

Thorndike, L. (1929) . *Science and Thought in the Fifteenth Century*. New York: Columbia University Press.

Thornton, J. L., and Tully, R. I. J. (1959) . *Scientific Books, Libraries, and Collectors*. London: Library Association.

Wolf, A. (1935). *A History of Science, Technology and Philosophy in the 16th and 17th Centuries*. New York: Macmillan.

第七章　显微镜和小型新世界

正如我们在上一章中已经看到的，十七世纪时，已发明了许多对现代实验科学十分重要的仪器，有些还第一次大规模地投入使用。虽然气压计、温度计、摆钟和气泵都是重要的仪器，但是，对知识界产生了最大冲击的无疑是显微镜和望远镜。它们为人类探索地球上无限小的世界和无限大的宇宙提供了手段。显微镜确实是所有促进生物学进步的仪器中最重要的仪器，可以毫不夸张地说，正是有了它，才开创了细胞学，组织学和微生物学等领域。

一　显微镜学的起源

透镜在古代就得到了使用，但应用于科学和医学问题的研究则只是近代的事。我们知道，亚述人 Assyrians 就已经使用过透镜，亚历山大城的托勒密写过一篇论述折射的光学论

文。在尼内韦赫 Nineveh、庞培 Pompeii 和海格立斯城 Heraculaneum 的废墟中，都发现有透镜。这些透镜似乎已经磨制过并抛光过。据说尼禄 Nero 皇帝在竞技场借助于一块具有弯曲刻面的宝石，放在一只眼睛上观看表演。虽然也可能用这块具有凹面的宝石来校正近视眼，但在十三世纪以前，关于透镜的这种用途，除了上述记载外，就很少有其它报道了。

根据普林尼所说，罗马医生曾使用凸透镜来会聚太阳光，即作为引火镜。他写道："我发现，医生们认为，要使物体燃烧起来，没有比把一个水晶球放在太阳光下更好的办法了。"但是，这位健谈的普林尼却没有提到用透镜来帮助人们视觉的用途。一世纪的罗马哲学家塞涅卡 Seneca 公元前 4 年－公元 65 年写道："无论怎样小和难以辨认的字母，都能通
156 过装满水的玻璃球或玻璃杯放大而看得更清楚。"由于他还提出放在水中的水果看起来似乎大一些，因此，他也许并没有意识到球面对放大的影响，而认为是水本身引起了明显的放大。快到十三世纪末时，某些无名的、可能是没有受过教育的工匠发明了眼镜——把镜片贴近眼睛，来校正通常在中年发生的远视。发明者可能是一个装玻璃工人，他也许曾做过窗户的装饰物和玻璃圆盘等等。早在 1299 年的一份佛罗伦萨手稿中，就有一篇文章提到并赞扬眼镜的使用。作者指出："我发现自己是如此地受到年龄的影响，以致没有那些人们称为眼镜的玻璃片，我就不能阅读，也无法写作。眼镜是新近发明的，当老人的视力减退时，眼镜对他们就有巨大的优越性。"[1] 培根在他的著作中提到了透镜和光，在他对透镜性质的描述中也讲到了其放大特性。工匠们继续制作透镜用来校正视力，他们逐渐发现，人的年龄愈老，镜片的曲度就要愈大。这些镜片都是凸透镜或会聚类型的，对近视眼没有帮助。直到 1568 年，才有人提到使用凹透镜来校正近视。

即便眼镜的使用还是非常有限，但对人们认为人类是软弱的，要受到很多限制的这种态度必定产生了深刻的影响。确实，眼镜使学者和抄写员能继续他们的工作，但更重要的是，它使人们习惯于这样一种观念，即通过使用新技术，人类能够克服某些生理上的局限。

哈山姆 Ibm al Haitham，欧洲人都称他为阿尔哈真 Alhazen 962－1038，是第一个真正理解到凸透镜产生放大图像原理的人。他的论文在十二世纪被译成拉丁文，其题为《阿拉伯人阿尔哈真的光学宝库》，四个世纪以后得以发表。在论文中，阿尔哈真论述了证明同透镜作用有关的各种命题的实验方法，其中也包括了眼睛的解剖描述。虽然阿尔哈真清楚地知道，如果通过一个透明球体来观察物体。当眼睛和物体在球体的同一直径延长线上时，那么所看到的将是放大了的图像，但是对这种现象他没有提出任何实用的建议。

1589 年，波塔 G. B. della Porta 1543－1615 出版了一套介绍普通科学的百科全书式的著作，叫做《自然的魔法》，全书共二十本。其中有一本叫做《论奇妙的玻璃》，介绍了如何实际地使用各种透镜来校正人类视力的缺陷。按照波塔所说：

> 凹透镜能使人们看清远处的物体；而凸透镜则能使近处的东西看得很清楚。因此人们可以根据自己视力的需要而分别使用它们。用凹透镜人们能把远离的小东西看得非常清楚；用凸透镜，愈近的东西看起来就愈大，但也愈模糊。如果人们知道了怎样把它们配合起来使用，那么就既可以看清远处的东西，又可以看清近在手边的东西，两者都能放大而又看得清楚。我已帮了一些朋友们的大忙，以前他们看远的东西时眼力弱，看近的东西时又感到模糊；而现在他们都能看清楚了。[2]

确实，十六世纪的眼镜制造者在光学方面具有大量由经验积累起来的知识，而制造透镜在当时业已成为一种确定的行业。

复合透镜系统

人们有时虽然把伽利略作为显微镜和望远镜的发明者，但是这些仪器似乎渊源于某些不太引人注目的荷兰眼镜制造商——米德伯府的 H. 詹森 H. Janssen 和 Z. 詹森 Z. Janssen。约在 1590 年，Z. 詹森在一根直径为一英寸，长为一英尺半的管子两端，分别装上一块凹透镜和一块凸透镜，组合起来制造了第一台原始的复式显微镜。现在还没有证据可以说明詹森家的人们曾经用他们发明的放大仪器，做过任何重要观察。另一个荷兰人，阿尔克马的德雷布尔 C. Drebbel 1572 年生，约在同时设计了一个更好的仪器。在使科学家们熟悉复式显微镜上，看来他们的贡献要大于詹森家的人们。伽利略知道了这个设备后，他自己也装备了一个透镜系统。虽然伽利略曾描述过在显微镜下看到的一个昆虫的复眼，但是他的主要兴趣当然在那相似的发明——望远镜上。为了不惜耗费"精力和金钱"来完善其望远镜，伽利略把改进和发展显微镜的工作让给了其他人。

即使第一批显微镜的放大率还不到十倍，但它们还是提供了令人兴奋的新视野。那些刚好能被肉眼察觉的微小生物，当在显微镜下仔细研究时，却显得既复杂而又稀奇古怪。伽利略说，他的显微镜使得苍蝇看起来大约像羔羊。到处都有的跳蚤是最普遍的显微镜研究材料。这种仪器甚至俗称为"跳蚤镜"。

并非所有的学者和科学家都愿意接受这种新仪器。伽利略的许多同时代人就拒绝通过他的望远镜来进行观察。他们

信仰理性胜于相信经验，他们担心人类的易犯错误的感官到头来只能受非天然器具的欺骗。显微镜也同样得不到信任。施田海姆 G. Stiernhielm 是一位瑞典诗人，他以科学实验为消遣。由于使用放大镜而使他处于危险之中。他说服了一位路德教会的牧师，通过放大镜来看一只跳蚤。可是这位牧师却对在放大镜中所看到的跳蚤的非自然尺寸感到惊恐万状，以致他宣布施田海姆是一个男巫，是一个无神论者。如果没有克里斯蒂娜 Christina 女皇的干预，这位诗人也许将作为一个巫士而被烧死了。

二　十七世纪的显微镜学

158

有了新的放大镜，十七世纪的科学家们，以斯特勒特F·Stelluti 1625 年的工作为起点，集合成了一个以实验和观察为目的的引人注目的团体。借助于五倍和十倍的放大镜，斯特勒特惊人地、详细地绘出了蜜蜂各个部分的插图，并由猞猁学院出版。以研究肌肉而著名的博雷利曾用放大镜来观察各种各样的物体，诸如线虫的血液，纺织纤维和蜘蛛的卵等等。柯切尔 A·Kircher 1602－1680 还把显微镜用于研究腐烂现象和疾病。

在这些探索性的研究以后，列文虎克 Leeuwenhoek、马尔比基 Malpighi、胡克 Hooke、施旺麦丹 Swammerdam 和格鲁 Grew 分别出生于 1628 年、1641 年。五人相互独立地进行工作，共同地把显微镜下的研究推向高度发展的水平。确实，直到十九世纪中叶以前，他们五人在这个领域中所完成的工作，是别人所无法比拟的。在审视了这些经典显微镜学家的工作后，我们再回来讨论一下显微镜的技术问题，以及为了改进显微镜而发展起来的方法。

列文虎克的一生和他的工作确实令人感到兴趣，因此我们将对此首先给予讨论，也将谈得最为详细。

列文虎克 Antony van Leeuwenhoek 1632 – 1723

列文虎克是十七世纪最伟大的业余科学家和显微镜制造者。他的传记作者——多贝尔 C. Dobell 对他极其钦佩，称他为“世界上唯一重要的显微镜学家”，一个“既没有对手，也几乎没有人能模仿他”的人。[3] 他的父亲是一个篮子制造商，其母亲是酿酒商的女儿。他家住在荷兰的德尔夫特城 Delft，一个出过著名画家范尔米尔 Vermeer，以啤酒和瓷器闻名的城市。列文虎克才六岁父亲便去世了。十六岁时，他到阿姆斯特丹的亚麻布商那里当学徒。六年以后回到了德尔夫特。在那里，他购下了一座房子和一家店铺，担任着数目惊人的多种工作。他从经营自己的布铺到簿记员、出纳员、鉴定人；他充当过德尔夫特郡长的财务管理人——其职责包括市政厅的管理与清扫、售酒量器的检查，以及税款的征收等等。这些市政挂名职务显然只需花去他少量的时间，他可把大量的工夫花在自己的爱好上——吹玻璃、磨透镜和精制金属工艺品。列文虎克如此全神贯注于科学实验，以致他的邻居都把他看作怪人，他还由于无暇照顾家庭而被人指责。也许这后一个指责是真的，因为列文虎克失去了两个妻子，六七个孩子中只有一个在他临死时还活着。但列文虎克本人，正如他的墓志铭上所记录的，活了“九十年，十个月又两天”。

159 很难想像在十七世纪——这个并不缺乏伟大思想家的时期里，最好的显微镜制造者和使用者竟会是这样一个谁也不会想到的人。列文虎克完全是一个自学成才的科学家，没有受过任何正规的训练，除了荷兰语以外，没有一点拉丁语和任何其它语言的知识。因此他不能阅读有学问的自然哲学家们所写的著作。这也许竟成了一个优点，因为这倒使他显

著地免除了先入之见和哲学上的教条，这些东西使他那些受过更多教育的同时代人心灵上蒙上一层乌云。列文虎克既聪明又耐心，心灵手巧，又有广泛的兴趣。他曾制成了非常小巧的短焦距的双凸透镜。他利用这些小型的高倍透镜，制成了简单的显微镜。这种显微镜比同时代的光学仪器更为高级、更为适用，因为当时仪器中的复合透镜总是产生复合像差和赝象。

列文虎克虽然是一个没有受过教育的布商，但是他却有些艺术界和科学界的朋友。著名的解剖学家格拉夫 R. de Graaf 1641－1673 就是其中的一个。1673 年，格拉夫写信给皇家学会，介绍了列文虎克的重大工作。他还编辑校订了列文虎克给皇家学会的大量信件约 372 封用荷兰语写的信，并用英文和拉丁文译成一百二十个选段发表在《哲学学报》上。列文虎克的信件中有对科学观察、实验、醒酒药以及他早餐吃什么等问题的记载。

1680 年，列文虎克被选为皇家学会的会员。他虽然很珍视这个荣誉，但总的来说，他觉得名声是一个讨厌的东西，特别是因为它带来了大量的访问者，打扰了他的工作。当他去世的时候，人们发现他制作了四百多台显微镜和放大镜。他遗赠给皇家学会一个橱子，内有二十六台仪器和外加的透镜。人们测定了其中某些透镜的光学性质，发现这些透镜的放大率从五十至二百倍的都有。很可惜，这些仪器在列文虎克死后一百年内就都丢失了。

列文虎克没有确定的科学计划，他让自己那不能满足的好奇心来决定研究的方向。晶体、矿物、植物、动物、不同来源的水、自己牙齿上刮下来的牙垢、唾液、精液、甚至是火药，都被他在透镜下检查过。不幸的是，列文虎克是一个守口如瓶的人，为了只使他自己能看到“最小的小动物”而保守着他方

法的秘密。他显然唯恐别人也能掌握这些方法，同时又看不起同时代的那些缺乏好奇心和耐心的人。因此，当有人问及为什么不把他的方法传授给其他人时，他说："训练年轻人来磨透镜，为了这个目的而创立学校，我可看不出这有什么作用……因为许多学生去那里是为了从科学中赚钱，或者在学术界获得名声。但是磨制透镜和发现我们眼睛看不见的东西等等，是值不了多少钱的……主要的是，大多数人并非都有求知欲望……"。[4]

160

图 7－1　列文虎克用他的一台显微镜在研究微小的新世界。请注意，他观察的显微镜，实际上是装在两块金属板间的小型透镜。必须紧靠眼睛才能进行观察。引自派克·戴维斯出版公司 1959

显然，列文虎克对自己的工作十分感兴趣，他同时注意尽可能弄得准确以获得定量的结果。虽然他一直是个热情的业余活动家，但并不是一个粗心的半瓶子醋的业余爱好者。当时还没有适用于度量显微镜的标准单位，因此，他用简单的物体例如头发、沙粒作比较的标准，并且用分数或倍数来指明其放大倍数。对于有些物体，他用"生物单位"，例如虱的眼睛，来作标准以进行比较。

在他那漫长而充满活力的生涯中，列文虎克做出了如此之多的发现，因此，即使要对它们作稍微详细一些的叙述，都是不可能的。他对微生物和血液循环的研究最为有名，但他也对昆虫例如蚤、蚜虫和蚂蚁的生活史，轮虫，消化物，横纹肌的组织结构，牙齿骨状物以及光学透镜作过研究。列文虎克证实了马尔比基关于毛细血管的发现，描述了鱼、蛙和鸟的红血球，以及人和其它哺乳动物的圆盘状血球。他极其严格 161
地证明了毛细血管连接着动脉和静脉，从而有助于哈维工作的完满成功。他细心地注意到，毛细血管内的血液循环依赖于心搏。列文虎克不单是被动地观察，而且还试图分析他所观察到的现象。他发现，蝌蚪体内从动脉流入静脉的血液通路，在血管的构造上是如此的细小，以致每次只允许一个血球通过。在观察蝌蚪尾巴的毛细血管时，他大胆地提出了这样的意见：人体内发生的情况也必然如此，而我们之所以不能看到它是因为人的皮肤太厚。他判断说："使血液呈现红色的血球是如此之小，一百万个血球加在一起也没有河边的粗沙那么大……"这个判断不是单次观察的结果，而是十分容易再现的，正如列文虎克向读者保证的那样："这里所说及的观察不是只做了一次，而是重复地进行过多次的，并且每次都在不同的蝌蚪上进行。它给了我许多快乐……"[5]

1677 年，哈姆 J. Ham 似乎已经首次在淋病患者的精液

中观察到了精子。但他把在精液中所观察到的"微小的动物"归因于疾病。尽管列文虎克发现,在狗、兔和人的精液中都能观察到这种实体,但很久以来精子是疾病症状的观念却十分顽固。当逐渐认识到精子的意义时,列文虎克想他也许有可能看到雌体和雄体产生精子的过程。在对鱼和蛙受精现象的观察中,他注意到了精子和卵的联系。可是,列文虎克也有不正确的精源论的预成论观点,我们将在第八章中进行讨论。

科学,曾花费了一个多世纪的时间才赶上这位自学显微镜的专家。关于精子、受精、以及发育方面的研究,由于那些尽管受了更多的教育却不够敏锐的观察者们的"努力"而无可奈何地陷入了泥潭。列文虎克所发现的寄生虫和细胞,是医学微生物学发展的基础,但是在十九世纪后期以前,人们并未很好地利用它们。

马尔比基 Marcello Malpighi 1628 – 1694

马尔比基正好出生在《论心脏和血管的运动》出版的那年。哈维论证了毛细血管的存在是逻辑上的必然,而显微镜学家则使它成为用实验证明的现实。马尔比基兴趣的广泛和对于显微镜术研究的热情并不比列文虎克差多少,他是胎胚学、植物解剖学和比较解剖学以及组织学的先驱。

马尔比基在博伦亚 Bologna 学习亚里士多德的哲学,在
162 那里他遇见了马萨里 B. Massari 1603 – 1655。马萨里是解剖学教授,"解剖学会"的创始人。解剖学会是一个进行解剖和探讨新的自然哲学问题的科学团体。马萨里非常赏识马尔比基的才能,他允许马尔比基使用他的私人图书馆,并帮助他当选为该会的会员。后来,马尔比基同马萨里的妹妹结了婚。

由于马尔比基的父母死于 1649 年的流行病大发作中,所以他就决定要成为一名内科医生,来抚养家里的其余的人。在结束了医学和哲学学习以后,马尔比基除了在博伦亚

大学担任逻辑学讲师以外，还开业行医。不久，他因为主持倾向于进行实验而被认为是个反盖仑主义者，这可是个危险的名称。1656 年，比萨大学创建，并请他担任理论医学教授。那时学术空气虽然有所改进，但是潮湿而闷热的气候却损害了马尔比基的健康。但是，当马尔比基参加了辛曼托研究院 Academi del Cimento，与雷迪 F. Redi、博雷利以及其他一些成员合作时，他们却使生物学取得了进步。1667 年，皇家学会联席秘书奥尔登伯格 H. Oldenburg 邀请他去学会报告他的研究成果。一年以后，他被选为该学会会员。在结束了多年来从一个大学到另一个大学的流浪生活以后，马尔比基在博伦亚定居了下来。不幸的是，他的房子于 1684 年被烧毁，损失了许多显微镜、书籍和研究笔记。当莫诺森十二世成为教皇时，他请马尔比基去做他的私人医生。马尔比基勉强地于 1691 年去罗马，三年以后死于中风。

马尔比基是动物和植物材料显微技术的创始人。他最重要的研究包括：血液循环和毛细血管；肺和肾的细微结构；大脑皮层；植物微解剖学；无脊椎动物生物学，特别是蚕从卵到蛹演化中的结构和生活史。

马尔比基对肺进行的基础研究，开始于 1660 年 9 月，结束于 1661 年夏天。当时人们对于肺的结构所知甚少。它仅被描述为一个多孔实质的肉质器官，其中血管的最小分支和气管的最细分叉都未提及“实质”Parenchyma 一词，当时是用来描述那些显然不是由纤维组成的，但似乎主要是多孔的组织。这个术语可追溯到埃拉西斯特拉塔，他用这个词来表示从静脉倾注出来的某种东西。

当时的解剖学家假定，血液和空气简单地注入肺的实质中，并在这多孔物质的空隙里自由地混合。马尔比基在研究狗的肺时，发现肺是由充满了空气的膜状小泡组成的。但是

气囊同最细微的血管之间的关系仍然不清楚。当他转向研究蛙时，发现血液并不是从它自己的管道中漏出来进入空隙中的，而是通过我们称之为毛细血管的极其细微的管子从动脉
163 进入静脉。当心脏不停地搏动时，他实际上能看到血液从毛细血管中流过。肺的实质呈现出网状结构，"在这里，某些囊和窦结合在一起"。在洗掉血液、通过气管充气、然后干燥等步骤后，马尔比基能够找出网络状的薄壁囊腔，薄壁囊通过非常精细的分叉同气管相连接。他的工作进行得如此彻底，以致他觉得自己也许已经"毁灭了整个蛙类"。

这个工作的伟大之处，不单单在于进行了耐心的形态学上的分析，而且在于对组织的最小单元与整个器官功能之间的关系提出精密、细致的假设。他写道："通过显微镜显示出来的东西，比单纯从结构与联结的观点所能看到的东西要奇妙得多。"他预言，生理学家必将超出用机械学来解释功能的流行作法。

尽管他的仪器很原始，他自己也说是"笨拙"的，但通过"推理和感觉，再辅之以探索"，他把对结构的研究同新的功能理论联系起来。他写道："通过本书，我从未得到过关于肾脏结构的概念，但通过长期耐心地以各种各样方法来使用显微镜，我却借助于理性的推导得到了关于肾脏的完整概念。我的推导是缓慢的，思想是不受任何约束的，这是我一向的习惯。"[6] 他的研究工作反映了一种现代精神。他在先驱性的组织学研究中，最先使用了染色剂和水银、蜡液注射。虽然其技术确实是原始的他的染料是墨水和其它很容易得到的液体，但马尔比基不同于列文虎克，他总是把他的工作步骤、组织的备制方法、透镜的种类、使用照明的工具等等尽可能准确地告诉他的读者。使用这些方法，他探索了许多其它组织，并且总要把研究的组织辨析到最小的组成单元而后已。

胡克 Robert Hooke 1635 - 1702

胡克是皇家学会的干事长，他负责周会上所进行的实验演示。虽然他的名声由于他同牛顿和其他科学家的争论而受到损害，但是胡克也许是十七世纪最伟大的科学仪器的发明家和设计者。他对于天文学仪器的贡献特别富有价值，同时也为改进显微镜的效率及照明的方法提出了许多建议。他在这两方面提了这么多建议是不足为奇的，因为光学是他全神贯注地进行研究的理论工作领域之一。

1663 年，胡克应皇家学会的要求，担负起演示显微镜研究成果的一项课程。他是这样的全力以赴，“每次会上他至少都要介绍一个使用显微镜进行观察的实验”。胡克乐意用各种昆虫，例如蚤、虱和蚊虫进行观察。他也在显微镜下演示各种类型的头发、针尖、纺织品、锋利的剃刀刃、霉菌和地衣。由于患有眼病，所以对于胡克来说这些使用显微镜进行的研究是十分困难的，甚至是相当痛苦的。 164

胡克的《显微图像》于 1665 年出版，对于显微镜下的观察所得，书中有许多重要描述，并且介绍了同仪器有关的技术。在这本著作中，他详细地阐述了四个方面的主要内容。一，他描述了膜和云母薄片的颜色，指出光的颜色如何随云母薄片层的厚度而变化。他还把水波比作光的振动传播，从而提出了光的波动理论；二，他描述了证明燃烧依赖于空气并同呼吸相似的实验；三，他叙述了对化石的观察，并对化石的起源提出了正确的理论；最后，在研究软木时，他观察到一种中空的小室结构，并称其为“细胞”cell。虽然胡克最有名的观察是发现了软木中的小室，但他同时也描述了包含在植物活细胞内的物质：“在这几种植物里，当它们仍然是绿色的时候，我已用我的显微镜，十分清晰地发现了这些充满液汁的小室或孔，并且发现其中的汁液在逐渐地渗出。”[7]

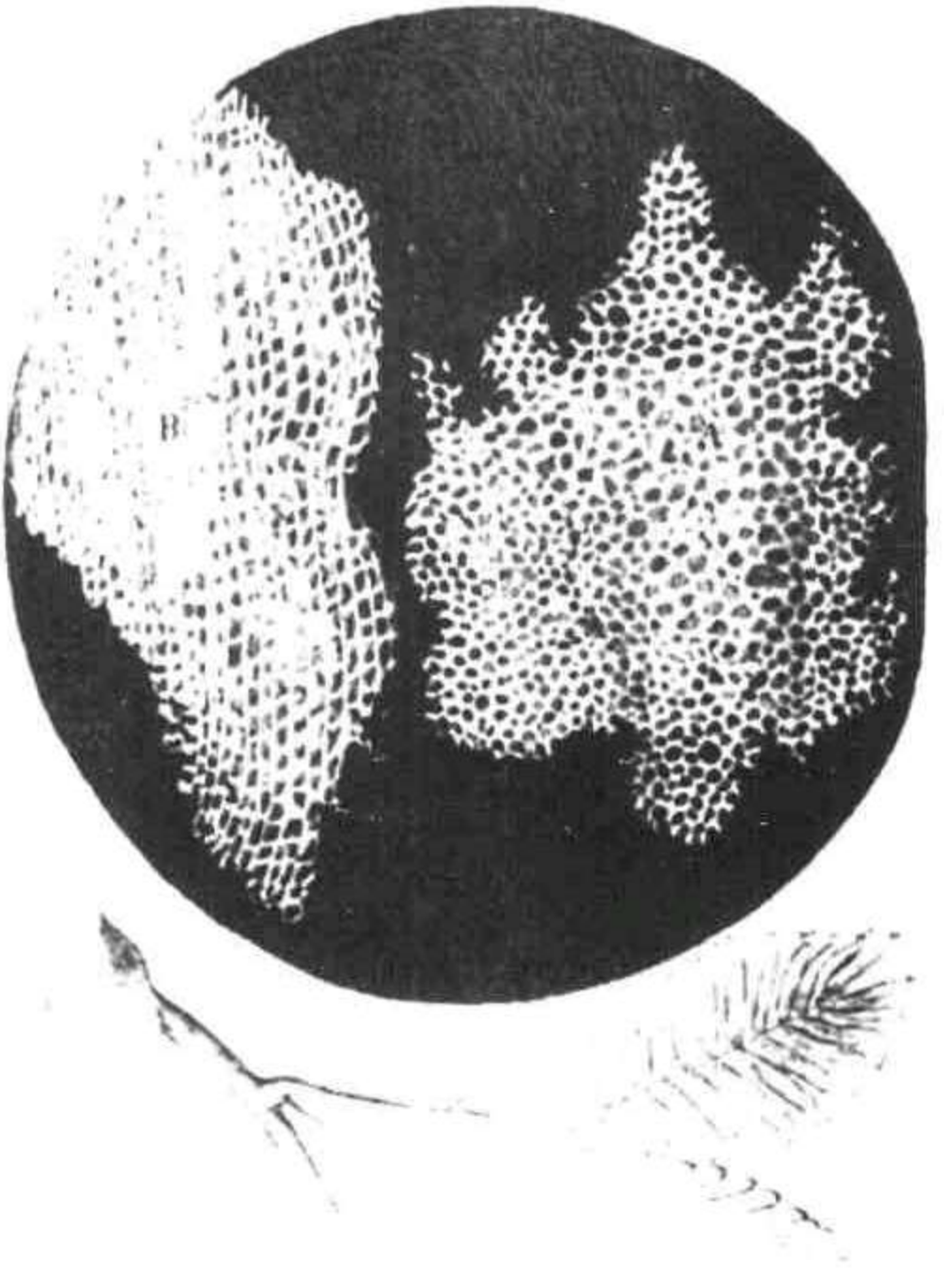
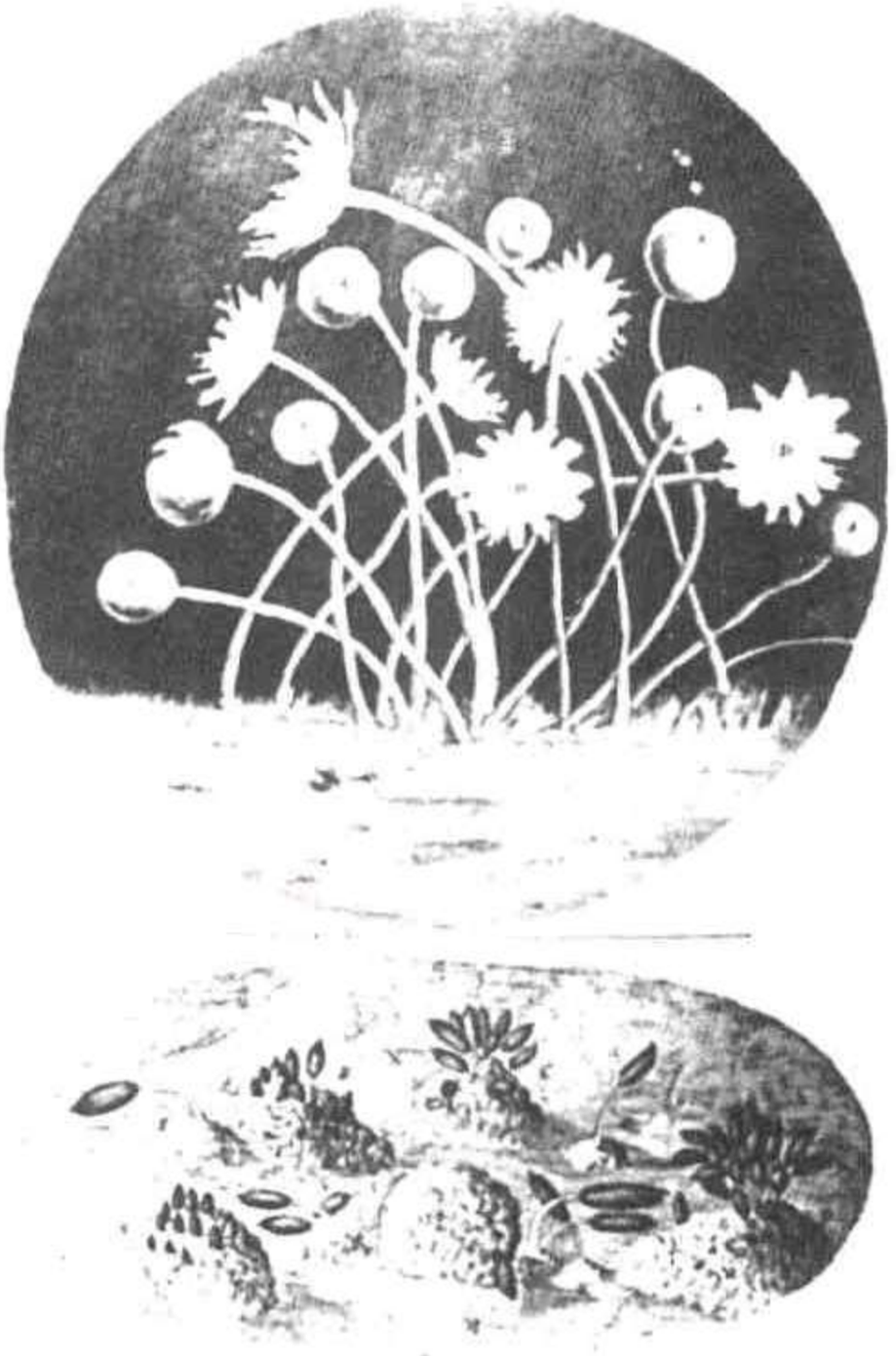


图 7－2　《显微图谱》(1665)一书中关于霉菌的图解(1)
引自胡克《显微图谱》　纽约多佛大学　1961



165

图 7－3　《显微图谱》1665 一书中关于霉菌的图解(2)

施旺麦丹 Jan Swammerdam 1637 – 1680

如同列文虎克一样，施旺麦丹是一位在荷兰的“黄金时代”中所产生的伟大科学家。除了同是天才之外，两人在观点上，所受的训练上和方法论上都没有一点相同之处。施旺麦丹的工作更有条理，有时甚至是太固执了些。但是他的生活却较为杂乱，而他的天才几乎都浪费了。施旺麦丹把显微镜作为一种研究的工具。而不是把它本身作为研究的对象，他成了十七世纪第一位真正的昆虫学家和一位杰出的比较解剖学家。

施旺麦丹的父亲是一位成功的药剂师，他对自然科学很感兴趣，有一批很好的“集藏”，他的儿子把它编成了目录(于1679年匿名出版。然而，尽管他的儿子要去学习自然史，他
166 却认为他的儿子应该去当牧师。作为一个妥协的解决办法，施旺麦丹被允许在莱顿学习医学。在这里施旺麦丹结识了斯坦诺 N. Steno 1638 – 1686 和格拉夫等同学。后来的事实证明，同斯坦诺和皇家图书管理员特夫南特 Thevenot 的友谊，对于施旺麦丹是十分宝贵的。朋友们不仅给予他鼓励，甚至还提供资金，以援助这位经常遭遇困难的、病弱且又贫困的自然学者。施旺麦丹热心于研究工作，而对开业行医则不感兴趣，因此经常同其父亲发生争执。他的父亲似乎是一个小气而粗暴的老人，毫无道理地认为，他那三十岁的儿子应当开业行医，养活自己，而不应当把时间浪费在研究昆虫上。

当他还是一个学生时，施旺麦丹便因为他的显微解剖和显微镜研究的优秀工作而出名。施旺麦丹对昆虫整整研究了一生，同时他也解剖动物和人体。在法院的朋友们使他获准解剖罪犯尸体。通过这种工作，他发现了人体淋巴系统的重要性。他在论呼吸的毕业论文 1667 中作出了重要的观察。他证明了新生哺乳动物肺的两种情况，如果新出生的动物已独

立地开始了自己的呼吸，那么肺就浮在水上；如果它还没有开始呼吸，那么肺就会沉入水中。这个发现在医学和法律上带来了重要的结果。他还制作了临床用的温度计，并研究了雌雄同体、蜗牛受精等现象。

1669 年，施旺麦丹出版了一本用荷兰语写的昆虫通史的书。遗憾的是，在研究工作中，他得了疟疾，这种疾病损坏了他后半生的健康。他父亲把他送到乡下休养，以便赶快恢复后能早日开业行医，但他却把时间用在对于蜉蝣的经典性研究上。

施旺麦丹在他那短暂、不幸和痛苦的一生所进行的大量工作，实在是引人注目的。为了钱而同家庭的斗争，以及疟疾造成的衰弱，似乎使他变得精神上不稳定，并使他的智力直线下降。由于经济上的迫切需要，他试图出售自己的收集物，甚至还包括他的那些显微镜。最后，他竟然纠缠到宗教的神秘主义中去。虽然斯坦诺没有能使他转变为天主教徒，但是施旺麦丹却成了布里能 A. Bourignon 的信徒。布里能是佛兰芒人 Flemish，是个神秘主义者和宗教狂。这时，施旺麦丹已把科学看作是没有价值的活动而放弃了它。1675 年，他写道："我现在决心更醉心于热爱创造这些事物的造物主，而不是从他的被造物中来钦仰他"。[8] 施旺麦丹在四十三岁那年就去世了。这是由于疾病、工作的劳累、过度的宗教活动，以及为了家庭的继承权而同姐姐的争吵等原因所造成的体力衰竭的结果。在他的动物学收藏品中，包括有三千种昆虫。这些昆虫都曾被他做过细心的解剖，并且很好地陈列着。他的后嗣提出要五千弗罗林才能出售，但是没有人去买，结果这些无价之宝的收集物都失散了。

施旺麦丹的大部分著作不为他同代的人所知，直到 1737 年才发表。他把手稿留给了他的朋友特夫南特。特夫南特曾

计划将其手稿出版，但还没有来得及开始就去世了。作为私人所有的手稿不安全地保存了一段时期以后，莱顿的波尔哈夫 H. Boerhaave 1668－1738 买下了这些论文，并于 1737－1738 年间用荷兰语和拉丁语出版了两卷对开本。图版是按施旺麦丹自己那精致的图画刻版的。这本书名《自然的圣经》，虽在作者诞生一百年后方才出版，但它仍然是十八世纪所能得到的最好的昆虫显微解剖著作。

施旺麦丹从事于研究小昆虫的工作，在工作中他发展了非常精致的解剖技术和灵巧的仪器制造技能。他设计了一台简单的解剖镜，它具有两个臂，一个固定被研究的物体，另一个固定透镜。两臂都有粗调和细调。如同列文虎克那样，施旺麦丹有许多用于特殊目的的不同的专用显微镜。他的解剖仪器结构最精致。为了某些目的，他把玻璃管拉成细如头发丝的微管，把解剖刀在放大镜下磨到某种适当的程度。他宁可使用微小的剪刀，这比手术刀和柳叶刀更好，因为它较少扰乱实验对象的结构关系。精细的玻璃管可以用来对被研究物体内的微细管子吹气，或者注射有色液体、墨水或蜡。他用酒和松节油来做防腐剂。他甚至还有更具独创性的方法，如用松节油或其它溶剂来排除阻塞，例如昆虫中的脂肪体。施旺麦丹愿意把自己的身体也用于他的研究上，例如在研究虱时，他让虱来咬自己的手以观察口器部分的活动。

施旺麦丹对昆虫的研究工作，对于十八世纪把预成论作为特别受欢迎的世代发生理论有很大的影响。他关于蜉蝣的论文，不仅是对这种昆虫的科学论述，而且也深刻地反映了施旺麦丹信奉宗教的感情。关于蜉蝣那短暂生命的知识也许能“给我们这些不幸的凡人一幅活生生的图画，它说明了现实的生命是多么的短暂，因而更加激发了我们对那另一个较好世界的向往”。[9] 他用自己的“昆虫神学”试图建立一个伦理

学体系，藉以调和知识的生物学起源和它的宗教起源这两种不同的观点。

《自然的圣经》一书是第一本研究昆虫形态、变态和分类的伟大著作。书中也描述了对甲壳纲、软体动物们以及蛙类变态的观察。其中的插图是惊人地详细和精确。昆虫的“演化”，在这些文章中意味着“变态”，它被表述为一系列精心地预先安排好了的事件。

施旺麦丹支持预成论，他猛烈批评哈维关于发育的渐成理论和他那非正式地接受的关于低等生物自发产生的判断。按施旺麦丹的说法，昆虫实际上并没有经历任何真正的变态，而只是从早已存在的微细部分长大起来而已。为论证这个理论，施旺麦丹终于从蛹的外皮下面解剖出具有成体外形的昆虫来。他不但把他的进化发育原理应用于昆虫，而且应用于其它的动物和植物，因为它们是从卵发展到蛙或从芽发展到花的。他在研究中，对蛙的生殖传代、血液循环和肌肉生理等各个方面进行了探讨。在研究传代问题时，他对人类、昆虫和蛙的发育进行了详细的比较。他设想在所有这些动物的发育过程中都发生蜕皮，这就是说，新的部分在老皮下发育，然后老皮脱去。蝌蚪如同昆虫一样，其四肢藏于皮下，一个突然的变态使四肢变得可见了。

显微镜学家，如列文虎克和施旺麦丹，证明了“低等生物”的复杂和有趣，并且认为其生活周期是遵照一定的规则而不是偶然出现的。他们两人都是预成论学说的错误辩护者，但他们拥护预成论学说的部分原因在于他们反对自然发生的理论。他们争辩道，即使是“简单”的生物，当放在显微镜下观察时，也都是极其丰富多样，其复杂的程度令人吃惊。这些生物不是从泥土或黏液中自发地产生的，它们只能来自同它们相同的亲体。

格鲁 Nehemiah Grew 1628 – 1712

格鲁主要是研究植物解剖，他的工作导致卡梅腊鲁斯 R · Camerarius 1665 – 1721 发现植物的性别。但格鲁也详细地研究了动物的比较解剖学。格鲁是家里的独生儿子。他的父亲 R. O. 格鲁是一位反保皇党牧师，在查理二世复辟时，失去了他的职位。那是在国内战争以后的事。格鲁 1661 年在剑桥潘伯路克 Penbroke 学院毕业后，在莱顿大学学习医学。这所大学素有盛名，因此，当时格鲁一家离开伦敦是颇为有利的。1671 年格鲁已经获得了医学博士学位，他在一个小城内开业行医，但他的大部分精力却用于植物解剖的研究。最后，他在伦敦定居。在这里，除了行医外，他还研究各种植物和动物。

169 神学上的冲动似乎是推动他进行科学研究的主要力量。他的研究由这样一种信念指导着，即动物和植物必然具有相似的结构，因为它们都是"同一'智慧'的发明物"。1671 年，他向皇家学会会员们宣读了关于这一题目的论文。1677 年奥尔登伯格去世后，格鲁同胡克一起成了皇家学会联席秘书。他曾花了一年的时间来编辑《哲学学报》，但在 1679 年放弃了它，因为行医很费时间，但收入很好。格鲁的论文《胃肠的比较解剖初探》作为皇家博物馆内标本目录的一个附录出版了。格鲁对于他的工作十分谦虚，把他在植物上进行的那部分巨大的工作也同样定名为《植物解剖初探》1682。这个研究是《植物解剖》一书的第一部分，这本书还包括了《根的解剖》、《茎的比较解剖》和第四部分，也就是奉献给波义耳的部分，即《叶 · 花 · 果实和种子的解剖》。这部著作对于已经萧条的植物科学的复兴很有帮助。除了其价值未定的草本植物外，自从德奥弗拉斯特时期以来，植物科学已很衰落了。格鲁研究了植物的维管组织，注意到它的管状性质，讨论了它在

根茎中的不同分布。虽然格鲁的讨论可能比马尔比基更为正确，但是格鲁谦虚地承认马尔比基在发现植物维管系统上有优先权。

格鲁已接近于发现植物的有性生殖了。他推测说有花植物会表现出性行为，但从来没有检验他的关于花带有性器官的思想。虽然他认识到，大蕊是雌体部分，但他不能断定小蕊——他称为"美丽的装饰"的效用。他注意到，大蕊和小蕊有时出现在不同的花上，有时则出现在同一朵花上。这暗示着有些花如同蜗牛那样，是雌雄同体的。1694 年，即《植物解剖》一书出版后十二年，卡梅腊鲁斯在解剖分析和实验研究的基础上，描述了植物的性行为。

《胃肠的比较解剖初探》一书，是第一部在标题中用了"比较解剖"这个术语的动物学著作，也是第一部用比较的方法研究相同的器官系统的著作。格鲁以人作标准，把所有其它哺乳动物同人进行比较。格鲁也试图在通过研究内脏而揭示的解剖和生理特征的基础上，制定出一种"四足动物"的分类法。由于格鲁更接近于生理观点，因而他论述说：任何器官的形态意义，如果不考虑其功能的话，就不能正确了解。他通过对动物所吃食物和为处理这些不同食物所需内脏类型作的讨论来说明这一点。

格鲁的很多工作是在显微镜研究水平上进行的，这表明了在引入了显微镜后，解剖学的研究在肉眼可见的范围内，仍然有许多工作要做。通过研究刚被杀死的动物，他亲眼看到内脏的蠕动作用。格鲁在更细微的水平上，研究了粘膜的绒毛。他的研究耐心而详尽，单单在鸟类上，他就曾仔细地解剖过四十个不同物种的肠胃。尽管他明确地发现比较高等的哺乳类是最值得研究的，但他还是考察了许多不同物种的鱼类。如同许多受过医学训练的解剖学家一样，他把人类看作

最高等的类型，看作为鉴定所有其它物种的标准。

马尔比基把《植物解剖》一书的提纲草稿寄给了皇家学会，后来出版了全书。令人惊奇的是，马尔比基在 1671 年 12 月 7 日，把这份提纲交给了学会并在会上宣读；同一天，格鲁也提交了他已印刷好的《植物解剖初探》一书（关于此书的印刷，五月份的学会会议上就作了决议的）。福斯特 M. Foster 比
170 较了两者的研究，他认为格鲁的著作是“一部诚实的，通过艰苦劳动的完好作品”，而马尔比基的书则是“由于天才光辉的照耀……在哲学洞察力方面要比前者丰富”。[10] 格鲁著作引人注目的特点是，他注重研究探索实际的、经验的事实。正如泽克尔 C. Zirkle 所说，格鲁关于植物的工作，足有一个世纪内未曾有人超过他。[11] 但是，格鲁的一生，是充满着对神学有着强烈兴趣的一生，这表现在他的最后一部著作——《神圣的宇宙》1701 一书中。他在书中试图从其被造物的美好上来证明上帝的智慧。

三　显微镜学的技术问题

本章所讨论的这五位古典显微镜学家的工作，在十九世纪中叶解决了透镜系统的严重问题以前，一直被认为是在这个领域中做得最出色的。当时，最严重的问题是色差和球面像差，但质量低的玻璃——浑浊、含有气泡——同样是个麻烦事情。随着用更凸的透镜来增加放大倍数时，它们就更像把光分成不同波长的棱镜了。除了这些由于分光作用面产生的色彩以外，自然学家们还对他们显微镜下所见的现象加上许多想像。牛顿亲自研究了色差问题，结果却宣布这个问题无法解决。幸运得很，人们没有像崇拜亚里士多德那样崇拜

牛顿，牛顿的后继者们也不愿意让科学因为他的这个看法而停止不前。

对于牛顿的一个巧妙的回答是：尽管人的眼睛是一个透镜系统，但它却并没有由于色差而遭受干扰。这个挑战是由格雷戈里 D. Gregory 1661－1708 发出的。他是一位数学教授，在爱丁堡大学和牛津大学任职。当使用单块透镜和普通光时，色差问题确实是一个无法解决的问题，在这个意义上，牛顿是正确的。但是其他一些科学家建议，通过使用单色光，或通过建造具有不同折射率的双片或三片透镜，那就可以避免色差问题。避免色差的方法，不是改变光线，就是改变透镜。

多兰 J. Dollond 1706－1761 终于造出了消色差透镜。他是一位伦敦的胡格诺 Huguenot 派教徒的后裔。多兰曾受过训练，成了一个丝纺工人。同时，如同列文虎克一样，他是一位自学的业余科学家。他的大儿子彼得 Peter，是一个光学仪器商人。多兰于 1752 年加入了他儿子的商业，并对制造消色差透镜发生了兴趣。他把冕玻璃和燧石玻璃组合起来，制成了消色差透镜。这位转向制造光学仪器的丝纺工人，由于造出了使用消色差透镜的望远镜而获得了皇家学会 1758 年的考伯兰奖章 Copley Medal。1761 年，他被选为皇家学会会员，并负责为皇室制造光学仪器。

在十九世纪三十年代，人们对显微镜作了进一步的改 171
进，造出了把目镜和物镜装在主体管两端的复式显微镜，这种显微镜逐渐成了生物学研究中的标准仪器。由于复消色差物镜具有较好的色差较正能力，使用这种物镜就可以较好地排除围绕在光视野外的颜色条纹。

阿米西 Giovanni Battista Amici 1786－1863

1827 年，阿米西证明了校正过的透镜的优点。阿米西在其一生中对天文学和显微镜学都作出了贡献。他曾在博伦亚

求学，并在 1815 年 – 1825 年间担任摩德纳 Modena 大学的数学教授。后来，他成了脱斯加尼 Tuscany 大公的天文学家和佛罗伦萨皇家博物馆天文台的主任。他在 1827 年发明了反射显微镜，该镜包括物镜和目镜以及安装在二者之间的一个三英寸的凹面镜——所有这些全装在一个水平的管子上。在这台显微镜中，凹面镜所放大的像没有引起色差。阿米西用这台改进了的显微镜进行了一些最早期的花粉管生长的观察。虽然他已经非常接近于发现花的受精作用了，但这个课题，直到十九世纪八十年代和九十年代在进一步改进了显微镜以及样品的制备法以后，才得以完全澄清。

浸没显微镜学

由于借助于“浸没原理”，光学显微镜终子达到了它的最大分辨能力。这个原理虽然直到十九世纪才得到广泛的应用和发展，但早在 1679 年，胡克就曾建议在简易透镜上应用此原理。英国显微镜学家虽然曾很重视高分辨能力和高放大倍数，但是他们没有如同大陆的科学家那样迅速地采用浸没原理。人们常常称赞阿米西是第一个在十九世纪引人浸没透镜的科学家，但是，布鲁斯特 D. Brewster 1781 – 1868 爵士却由于 1812 年所做的工作而更应当接受这个荣誉。布鲁斯特试图研制一种消色差透镜。他建议，显微镜物镜前面部分可以浸没在一种液体中，而所要观察的物体也放在这部分液体中。这个思想在他 1813 年出版的《自然科学仪器新论》一书中得到了阐述。书中还叙述了用浸没显微镜研究各种各样的物体例如水生植物、动物、贝壳以及没有抛光的矿物的结果。

细心选择浸没物体的液体，可以消除色差效应以及当光线在不同折射率的介质中通过时产生的色散。折射率同玻璃相近的各种油类，可以使光线从玻璃到油，又从油回到玻璃时保持在同一个平面内。除了浸没显微镜方法外，布鲁斯特

也许还是首先使用滤光镜来得到单色光(约 1836 年)的人。

阿米西根据自己的工作独立地发展了浸没原理，他的工作并不全是出于对布鲁斯特所研究的问题的关心，而是想要减少在高倍透镜系统内光量的损失和改进分辨力。在 1855 年的巴黎博览会上，科学界内外的人士有机会了解这个在显微镜研究上取得的进步。阿米西使用各种液体，包括甘油和油类混合物——但主要是水，因为油类常常侵蚀当时载片中常用的粘合剂。阿米西的显微镜系统具有各种不足之处，它的分辨率也许还没有当时最好的"干燥"物镜高。

在英国，对于使用浸没透镜有大量的反对意见。也许，那些十九世纪六十年代极有影响的富有的业余科学家们，应该为反对使用这种显微镜而受到谴责。当时英国的一些学术上的头面人物，可用较好的照明条件，使用"干燥"显微镜也能得到很好的结果，而这样的照明条件却是大陆科学家应用较简单的浸没装置所需要的。美国的仪器制造商在这点上和英国不同，不久就已经在制造高质量的浸没透镜了。

阿贝 Ernst Abbe 1840－1905 **和蔡斯** Carl Zeiss 1816－1888

阿贝是耶拿大学的物理学教授，蔡斯是耶拿大学的仪器供应者和修理人，他们两人富有成果的合作，促进了显微镜学的进一步发展。阿贝利用他的"均匀浸没系统"改进了浸没显微镜检法，排除了在透镜前的折射，也限制了由于反射而造成的光线损失。他检查了三百多种不同液体的折射率和色散能力，最后选出了雪松油作为最好的媒质。

蔡斯虽然试图研制高质量的光学仪器，但他缺乏理论素养，因此不能进行与透镜特性有关的精细计算。阿贝同蔡斯建立了很好的合作关系，一个人具有科学和数学的专门知识，另一个人却具有丰富的实践经验，合在一起，相得益彰。他们试图研制消色差复式透镜，但由于当时所能得到的光学

玻璃的范围受到限制而没有成功。后来蔡斯和阿贝说服肖特 O. Schott 1851 - 1935 实验制造新类型的玻璃。这样就得到了十分有用的硼酸盐玻璃和磷酸盐玻璃，这种玻璃的特性与冕玻璃和燧石玻璃十分不同。1886 年，阿贝研制成了复消色差物镜改进了油浸显微镜，还发明了至少由八个透镜组成的油浸物镜。为配合高倍物镜他还发明了镜下聚光器 1872。

173 **相差显微镜学**

策尼克 F. Zernike 1888 - 1966 是格罗宁根 Groningen 大学的物理学教授，他改革了复式光学显微镜，使人们有可能看清在普通光学显微镜下不能辨认的活体。策尼克主要对光学感兴趣。1934 年，他发表了一篇论文，对检验望远镜反光镜磨制精确度的福克特 Foucault 刀刃试验应有的理论处理方法作了论述。这一工作，导致了相差显微镜的发明。

使用相差显微镜使人们有可能在供显微镜检查的制备物中，区别出其折射率同周围基质不同的任何结构。这种技术对生物学研究很有帮助，因为用了它便能观察在普通光学显微镜下是无色透明的活体。特别有利的是这种技术可以省略麻烦的操作，如脱水、固定、染色等等，这些都需要杀死标本，也许还会引进赝象。策尼克由于对生物学的研究做出了杰出的贡献，获得了许多荣誉，其中包括 1953 年的诺贝尔奖金。

光学显微镜的局限性

自从十九世纪八十年代以来，光学显微镜有了许多改进。这些改进与样品制备的新方法结合在一起，使我们对复杂有机体的精细结构以及微生物的活动，增长了更多的知识。这点在下面我们将会看得更清楚。然而，在解决了光学显微镜的许多技术问题后，又有一个新的问题使得显微镜的有用性受到了限制。这就是光线的波长问题。小于光波波长的物体，不能用这种波长如此"粗大"的光波来观察。为了获得更高

的放大倍数和分辨率，必须使用短于普通光线波长的光线。

达到这种目的的一个方法，是使用紫外线显微镜，它能使分辨率增加一倍。由于玻璃会滤去波长较短的紫外线，因此，必须使用石英透镜或玻璃反射透镜来代替标准透镜。虽然从理论上讲，这将比普通显微镜所能达到的分辨率增加一倍，但在实际上，却存在着许多问题。其中最主要的是，人的眼睛并不能感受紫外线范围的光线。开始时，最终的图像记录在照相底片上，然后研究相片。但是近来这种显微镜已同电视摄像机连在一起使用。在最早的紫外线显微镜中，使用 174
熔融的石英来制透镜，但后来也可以用合成氟石代替。正如不能用通常的玻璃来制造透镜一样。通常用的制片材料和浸没油类也需用替代材料。人们发现水、蓖麻油，或者甘油凝胶是比较适用的。放置观察样品所使用的盖玻片和载玻片也必须用熔融石英制成。因此，应用这种技术，不仅非常复杂，而且费用也十分昂贵。当电子显微镜一旦诞生后，紫外线显微镜就被限制在非常特殊的研究中使用了。它可以同电视摄像机和接收机一起使用来观察彩色的活的微生物。它还可以应用 260nm 波长的单色紫外光来研究核酸，核酸在这个波长上有强烈的吸收峰。从二十世纪三十年代后期以来，卡斯帕森 Caspersson 和其他人用这种方法研究核酸。应用这种技术可以使富含核酸的物质在细胞内得以定位，并在细胞分裂中加以研究。如果同分光光度计结合起来，还可以用这种技术测定细胞内核酸的含量。

目前，紫外线或深蓝光线被用于荧光显微技术。样品中的化合物从短波能源吸收能量，并以荧光的形式在可见光谱部分重新反射出来。这对医学研究来说是十分有用的。例如，可以使用荧光染料同抗原或抗体耦合来研究抗体产物。

四　电子显微镜

电子显微镜也许要比光学显微镜敏锐一百倍，它的效力已经深刻地影响了生物学研究，电镜和光镜之间的差别，可以打个比方来加以说明。用光学显微镜来看一个流感病毒，那就犹如用蒸气挖掘机来拾起一根针［霍利 Hawley 1946］。早在 1858 年，虽然就有物理学家记载了使制造这种仪器成为可能的基本发现，但是，直至 1938 年才在美国首次成功使用。克鲁克斯 W. Crookes 爵士、汤姆森 J. J. Thomson 和伦琴 W. K. Roentgen 对阴极射线的研究工作导致了对原子理论的新的理解，最后产生了电子显微镜。但是他们的工作超出了本书的范围，故不赘述。

鲁登伯格 R. Rudenberg1937 年在德国和美国虽然获得了作为电子显微技术发明者的荣誉而申请到了专利，但没有任何一个人能声称他是电子显微技术的发明人。前提条件是，真空管必须完善，对无线电以及其它电子仪器是如此，对电子显微技术也是如此。在这方面，克鲁克斯、吉斯勒 Geissler 和布朗 Braun，都是些重要的人物。同时，由于电子不能穿透玻璃，所以普通透镜显然不能用于电子束上。因此，重要的问题是在应用电子束时如何把它们聚焦。希托夫 Hitorf
175 早在 1869 年就已证明，磁场能使阴极射线偏斜。这就意味着，磁铁可以用来聚焦电子射线，因为正如光线通过玻璃透镜时要发生弯曲一样，电子流在磁场内穿过时也会发生类似的现象。在布什卡 Busch 对电子光学做了先驱性工作后，柏林的一组工作者，约在 1928 年开始了电子透镜可能性的系统研究。到 1932 年，德国物理学家诺尔 M. Knoll 和鲁斯卡 E. Ruska 已经建成了一个模型，他们称其为“超显微镜”。他

们得到了约四百倍的放大倍数，但是图像的聚焦程度非常差，因此没有实际的用途。

电子显微镜似乎是如此地使人难以理解，好像永远也不会成为一个现实可用的科学仪器，但物理学家们仍然信心百倍，继续努力。鲁登伯格 1931 年在德国获得了专利后，移居到了美国，在 1936 年到 1937 年，又获得了几项专利，这些专利确实预告了后来电镜的某些特性。1932 年，布鲁塞尔大学的马顿 L. Marton 制造了一台显微镜，他计划用来研究细菌。由于清晰度较差以及图像会渐渐消失，因此他的最后结果比从普通的显微镜所得到的好不了多少。鲁斯卡继续了这一工作，到 1933 年他制做成了一台显微镜，这台显微镜可以被看作是当代各种型号显微镜的真正祖先。他得到了分辨率为 500Å 的图像。这较为低级的被研究物体，是一片铝箔和一片棉花纤维——它被强烈的电子束碳化了。1935 年，弗里斯特 Friest 和缪勒 Muller 又改进了这种仪器，得到了分辨率约为 400Å 的家蝇腿和翅膀的图像，其分辨率比光学显微镜高五倍左右。柏林的企业西门子公司和霍斯开公司继续改进了这种仪器，到 1938 年，终于得到了使人印象深刻的结果。1940 年，阿登纳 von Ardenne 撰写了一篇论文，论及了电子原理在显微镜学中的应用。不久，几个小组都在努力，想使这种仪器成为科学的一个实用部分。

在多伦多，伯顿 E. F. Burton 教授，让希利尔 J. Hillier 和普雷布斯 A. Prebus 从事于解决这个问题的工作。他们在高达三万伏电压的困难而危险的条件下工作，发生了许多事故，但是最终显微镜研制出来了。这种仪器虽然粗糙，但它产生的图像却给人留下了深刻的印象。

美国无线电公司实验室的电子研究副主任施瓦金 V. K. Zworykin 博士，邀请马顿博士从布鲁塞尔到美国无线电

公司来。他打算制造一台仪器，要求这台仪器能够具有商业价值，并适合于工业使用。马顿主要是对应用电子显微技术研究生物材料感兴趣。1934 年，他发表了第一张生物标本的电镜图。这个标本是一片用锇盐浸渍过的 15μm 厚的茅膏菜属植物 Drosera 叶的切面。不久，就很明显地感到，如何使这个新工具的能力能够得到开发，制备样品的方法成了主要的问题。在英国，伦敦皇家学院的马丁 L. C. Martin 教授领导着一个小组探索着如何能得到更好的电镜。“E. M. I.”是第一台由一家商号制造的电镜。但第二次世界大战很快就阻止了电镜技术的进一步发展。

虽然生物学研究由于使用了电镜而兴旺发达起来，但是在早期使用这些仪器时，却由于局限于要用它来研究和发展
176 战争物资——如粘合剂、冶金学、合成橡胶和催化剂等等，而限制了把它用于生物学上的种种研究。

在我们结束显微镜的发展史以前，我们应该把肉眼、光学显微镜和电子显微镜的能力来作个比较。这种比较只能是很粗略的，因为每个系统的真正极限，随着特有的装备和条件而有很大变化。在小于 1/250 英寸，即 10^6Å 时，人类眼睛就不能区别任何物体。光学显微镜可以比人眼的辨别能力高出约五百倍，因为它能区别 2000Å 的物体 1/125,000 英寸。光学显微镜约能把物体放大二千五百倍。电镜约能放大四万倍，但也可能得到八万到十万倍的直径放大倍数。电镜也可获得 2－3Å 的分辨率，不过它只能区别约 20Å 的颗粒。

以那位荷兰的眼镜制造者开始的显微镜史的叙述过程中，我们的注意力一直集中在显微镜的“黄铜和玻璃”方面。今后，我们将看到，样品制备和染色技术方面的发展是怎样同显微镜改进相互作用，从而促使生物学研究得到发展的。

注 释:

1. S. Bradbury(1967). *The Evolution of the Microscope*. Oxford: Pergamon, pp. 3 – 5.
2. Giambattista dela Porta(1658). *Natural Magick*. Reprint 1957. New York: Basic Books, p. 368.
3. C. Dobell(1960). *Antony van Leeuwenhoek and His "Little Animals."* New York: Dover, p. 52.
4. Dobell, p. 325.
5. L. Clendening(1960). *Source Book of Medical History*. New York: Dover, pp. 219 – 220.
6. Clendening, pp. 210 – 212.
7. R. Hooke(1665). *Micrographia*. Reprint 1961. New York: Dover, p. 116.
8. F. J. Cole(1975). *A History of Comparative Anatomy*. New York: Dover, p. 273.
9. Cole, p. 278.
10. M. Foster(1970). *Lectures of the History of Physiology*. New York: Dover, p. 93.
11. N. Grew(1682). *The Anatomy of Plants*. Reprint 1965. New York: Johnson Reprint, p. xviii.

参考文献:

Adelmann, H. B. (1966). *Marcello Malpighi and the Evolution of Embryology*. 5 vols. Ithaca: Cornell University Press.

Allen, R. R. (1940) *The Microscope*. New York: Van Nostrand.

Auerbach, F. (1919). *Ernst Abbe*. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft.

Bradbury, S. (1967). *The Evolution of the Microscope*. Oxford: Pergamon.

Bradbury, S., and Turner, G. L. E., eds. (1967). *Historical Aspects of Microscopy*. Cambridge: Royal Microscopal Society.

Casida, L. E. (1976). Leeuwenhoek's observations of Bacteria. *Science* 192: 1348 – 9.

Cassedy, J. H. (1976). The Microscope in American Medical Science, 1840 – 1860. *Isis* 67: 76 – 97.

Clay, R. S., and Court, T. H. (1932). *The History of the Microscope*. London: Griffin.

Cohen, B. A. (1937). On Leeuwenhoek's Method of Seeing Bacteria. *J. Bacteriol.* 34: 343 – 5.

Cole, F. J. (1937). Note on Swammerdam's Home. *Annals of Science* 2: 236.

Cole, F. J. (1937). Leeuwenhoek's Zoological Researches. *Annals of Science* 1: 1 – 46, 185 – 235.

Cole, F. J. (1949). *A History of Comparative Anatomy, from Aristotle to the Eighteenth Century*. London: MacMillan. (Reprinted by Dover Publications, 1975.)

Dobell, C. (1932). *Antony van Leeuwenhoek and his "Little Animals."* New York: Harcourt, Brace. (Reprinted by Dover Publications. 1960.)

Espinasse, M. (1956). *Robert Hooke*. Berkeley: University of California Press.

Foster, M. (1901). *Lectures on the History of Physiology during the Sixteenth, Seventeenth, and Eighteenth Centuries*. Cambridge: Cambridge University Press. (Reprinted by Dover Publications, 1970.)

Gage, S. H. (1964). Microscopy in America. *Trans. Amer. Mic. Soc.* 83: 9 – 125 (supplement).

Gunther R. T. (1930 – 38). *The Life and Work of Robert Hooke*. 5 vols. Oxford: Oxford University Press.

Hawley, G. G. (1946). *Seeing the Invisible: The Story of the Electron Microscope*. New York: Knopf.

Hooke, R. (1665). *Micrographia*. (Reprinted by Dover Publications, 1961.)

Hooke, R. *The Diary of Robert Hooke*. Edited by H. W. Robinson (1935). Reprinted 1961. London: Taylor and Francis.

Hooke. R. *The Posthumous Works of Robert Hooke*. New York: Johnson Reprint (1969).

King, H. C. (1955). *The History of the Telescope*. Cambridge: Sky Publishing.

Klencke, H. (1860). *Swammerdam*. Leipzig: Costenoble.

Leeuwenhoek, A. van. (1680 – 1695). *Arcana Naturae Delphis Batavarum*. Reprinted 1966. Bruxelles: Culture et Civilisation.

Leeuwenhoek, A. van (1941). *The Collected Letters of Antoni van Leeuwenhoek*. Amsterdam: Swets and Zeitlinger.

Lindberg, D. C. (1976). *Theories of Vision from al – Kindi to Kepler*. Chicago: University of Chicago Press.

Miall, L. C. (1912). *The Early Naturalists: Their Lives and Work* (1530 – 1789). London: MacMillan.

Oliver, F. W., ed. (1913). *Makers of British Botany: A Collection of Biographies by*

Living Botanists. Cambridge: Cambridge University Press.

Porta, della G. B. (1658). *Natural Magick*. New York: Basic Books. Reprinted 1957.

Sachs, J. von(1906). *History of Botany*, 1530 – 1860. Oxford: Clarendon.

Schierdeek, A. (1967). *Jan Swammerdam* 1637 – 1680. His Life and Works Amsterdam: Swets and Zeitlinger.

Schumann, W., ed. (1962). *Carl Zeiss*. Berlin: Rütten and Loening.

Singer, C. (1959). *A History of Biology to about the Year* 1900 New York: Abelard – Schuman.

Swammerdam, J. (1680). *Ephemeri Vita: of the Natural History and Anatomy of the Ephemeron*. Translation and preface by E. Tyson London: Faithorne, 1681.

第八章　历史上各代人的分歧：关于发生·繁殖·发育问题

一　令人困惑的发生学问题

“发生” generation [①]这个术语变得这样的陈旧过时，以致于从发生学分出来的各个领域中的许多专家，对这个术语的原意也全然感到陌生。“发生”的原意包括现代生物学中最令人关注的部分，如遗传学、发育和分化、胚胎学以及躯体局部再生等等。按照传统的用法，这个词只限于用来指新的有机体，新的动物和植物的产生。至于通过什么方法产生，这是不考虑的。1那时虽然已经知道高等动物是通过有性生殖来产生后代的，但却认为低等生物是从泥浆和腐烂东西中自然地发生，而植物则是通过种子或无性生殖进行繁殖。

① “generation”一词可译作“发生”或“生殖”，在本文中宜以“发生”为好，因它涉及的范围比“生殖”要广，如自然发生。

科学家们对于"发生"存在着许多问题，并且建立了丰富多样的、独特的理论，这些理论或多或少地能满足不同时期的要求。然而，在科学和哲学发展以前，人们已经对人类和有用动植物的发育和繁殖问题感到兴趣了。在任何一种科学理论产生以前，人类就已经在种植庄稼、饲养动物、给植物进行异花授粉，以及对人和动物进行阉割，使之性情温柔，更有用处。自然哲学家们注意着在几百年的实践中逐步积累起来的资料，并且提出了各种理论，但这些理论却表明了他们还没有吸收利用经验观察中的一切有价值的东西。例如，尽管对枣椰树已进行了几百年的异花传粉，并且还规定了雌树雄树数目之间的比例，但是直到十八世纪卡梅腊鲁斯的工作以后，科学家才了解了植物的有性生殖。如果我们考察一下发生学讨论过的全部问题，我们就会了解到：生命的基本统一性，从细胞与性别这两方面来看，曾为生殖和发育上极其多样的形式和各种神奇巧妙的方法搞得模糊不清了。

令人感到奇怪而惊讶的问题是：后代总是与亲代相似而
180 又不完全相同。为什么它们能这样相似而又会有区别呢？是什么原因使得生出的后代偏离了正常的范围，又是什么原因造成了畸型和怪胎呢？还有，在有性生殖中，两性对后代各有什么作用？在已知最早的发育阶段，所有的有机体都是很简单的，甚至是不能识别的。是什么原因使它们在后来长成了各自不同的成体？有些物种失去的肢体能够再生，而其它的物种只是由于很小的偶然事故竟会造成永久性的残缺不全，这又该如何解释？

尽管最伟大的生物学家们为了这些问题绞尽脑汁，但是，在十九世纪后期以前，没有一种解释能够满足当时的生物学家们。在那时，并不缺乏理论，但是都不能使人满意，而且当时各种理论的支持者都随时准备并且渴望和其他学说进行争吵。发生问题的历史比起生物学的其它任何分支来，

都能更清楚地说明科学进步的复杂性。从古希腊的希波克拉底到现代的科学家们，常常可以从同样的资料中各自得出非常不同的结论。从历史上看，发生问题的研究者们似乎遇到了不可逾越的理论上的难题。这种情况一直延续到建立了细胞学说及把它应用到了发育问题上以后，才告结束。

关于发生学问题的历史清楚地表明，在确定解决问题的途径和方法时，科学家含蓄的假设是同他明晰的科学理论、同仪器、技术以及采用的模型系统一样地重要。当科学家们觉察到，所有的生物体都是由器官组成的时候，他们当然还不能理解发育的最早期阶段。这是在细胞理论被接受以前，科学家们必然会有的障碍。他们关于生物体组成的假设，使他们不能理解生物体发育的最早阶段。这就如爱因斯坦所说的："是理论决定了我们能观察到什么。"直到有了哈维的著作，我们才见到了揭开发生之谜的现代科学方法的萌芽。

古代的胚胎学

由古人所铸成的哲学体系，直到哈维时代仍旧存在，并且对十七世纪研究工作的精神和内容都有深远的影响。因此，要理解哈维提出的概念，就必须先回顾一下古人的工作。阿尔克梅翁的著作曾提到，远在公元前六世纪，科学家们已用鸡蛋作为模型系统来研究胚胎学了。然而，第一次正式出现的提到要系统地研究胚胎学的，是在希波克拉底的著作中。当然，希波克拉底对人类的胚胎发育很感兴趣，但是他对妇产科实践的观察必定是很有限的。在《幼体的特性》*De Natura Pueri* 一书中，描述了以鸡卵发育为内容的系统的研究工作： 181

> 拿二十个或更多的鸡蛋，让两只或两只以上的母鸡进行孵化。从第二天起到孵出之前，每天打碎一个鸡蛋进行检查。你将发现种种情况都和我所说的相符：在这

种程度上，鸟类在本质上是应该和人类有相同之处的。[2]

这段话不仅表明了提出的研究程序是系统性的，而且也已认识到，不同的生命形式之间(如果仔细一点的话)是可以进行比较的。这似乎是一个极有希望的开端，但是没有证据表明在指出了进行系统胚胎学的研究途径以后，曾真正实行过这种研究。

预成论·渐成论·亚里士多德

亚里士多德是在生殖发育问题上进行科学研究的先驱。由于他把动物繁殖的方式和出生时发育的阶段作为动物分类的根据；因此，在亚里士多德学派的一切自然科学分支上，这些都是很基本的问题。贯穿于发生问题研究中的激烈争论之一，就是由亚里士多德开始的。他提出了两种可供选择的发育模式，即预成论和渐成论。由于这些概念在发生问题的历史上非常重要，因此在开始讨论时就应确定其含义范围。预成论认为：微形个体在卵子或精子阶段就已经存在，经过适当的刺激以后，便生长为成体。而按照渐成论的观点，有机体在开始形成时，是一团没有分化的物质，经过不同发育步骤和阶段以后，才长出新的部分。亚里士多德倾向于后者，因此渐成论就变得为人们所普遍接受。这种情形一直维持到机械论哲学取得胜利时为止，到那时，预成论的模式才变得更为科学家们所接受。

按亚里士多德[1]所说，雌性仅仅为新的个体提供了没有

① 亚里士多德认为，在因果关系中，因有四种：一，质料因，即形成物体的物质；二，形式因，即物质被赋予的设计、图案或形状；三，动力因，即实现设计的机构和作用；四，目的因，即所设计物体所要达到的目的。如雕塑，石料即质料因，雕成的图像设计即形式因，工具和手即动力因，而其供欣赏的艺术效果即其目的因。亚里士多德强调，在有机体中，形式或计划同目的或目标实际上是一致的，有机体的目标就是实现它的形式；形式或理念也是动力因，所以归根结底只有两种本质的原因，即形式和质料。它们构成一个不可分割的整体，只在思想上可以加以区分。

组织起来的“质料”，而雄性则提供了“形式”的要素；当这种“形式”所特有的“活动”不能控制“质料”时，就会产生畸型或怪胎。这种现象一点也不罕见，因为在亚里士多德看来，雌性本身就是一种以缺少热量为特征的“畸型”。亚里士多德像希波克拉底和阿尔克梅翁一样，也研究了鸡卵的发育。然而，尽管在其它许多研究中他是很彻底的，但对这个问题却没有进行系统的研究。哈维认为，事实上亚里士多德只进行了三遍观察便来讨论鸡的发育了。

亚里士多德的这些研究对于发动创建实验胚胎学虽然很重要，但是，他却主要是以发育问题的理论家而对后人产 182
生影响的。他关于对灵魂及其根源，精液的本质、生成胚体的物质、心脏的首位作用、两性在生殖中的作用、渐成论、胎儿的营养等方面的理论，成了延续约二千年的胚胎学思想基础。事实上，在这样一个相当长的时期中，人们在胚胎学上并没有做出更好的工作。

盖仑

盖仑经常向他的读者大谈直接观察和比较方法的重要性，他自己却没有进行系统的胚胎学观察。盖仑描述了胎膜、子宫的血管、胎儿的器官和卵圆孔，他还讲到了这个孔在分娩以后又关闭起来的情况。亚里士多德认为雌性没有形成任何与雄性精液相对应的东西。盖仑在《论精液》一书中对这种观念提出了疑问。他认为睾丸分泌的精液进入子宫角，在那里，雄性和雌性所产生的性物质相混和，并再与母体提供的血液相混合。混合以后，胎儿就开始形成。盖仑对亚里士多德关于睾丸作用的论点也提出了不同的意见。亚里士多德认为睾丸仅仅是一种重物而已，盖仑则以阉割后的效果为证据，说明了它在精液形成方面的重要作用。

盖仑在专题论文《论胎儿形成》中，描述了胎儿发育对身

体各部分先后形成的次序。他认为肝脏要比心脏和脑先形成。胎儿开始形成时，是在植物性灵魂的影响下，吸收着营养像植物一样地生活。直到心脏形成以后，胎儿才像一个动物那样生活。心脏是提供热量的源泉。由于胎儿既不进行任何有意识的行动，如耳听、舌尝、鼻闻，也不具有智能，因此，脑是最后形成的。这样，按照盖仑的目的论原则，胎儿直到他出生以前，都是不需要脑的。

胚胎学和科学革命

对原始的胚胎学研究来说，从盖仑去世（公元 200 年）到十五世纪后半叶的这一大段时期都是寂然无闻的。尽管在中世纪时，已经有一些学者开始怀疑，觉得“亚里士多德并没有穷尽真理”。但是，直到十六七世纪，即使是一些“激进分子”，也几乎没人能突破他的影响。

在关于胎儿解剖的讨论中，维萨里不仅巩固了许多古代的错误观念，而且还引进了一些新的错误。他在人类胎儿的解剖和生理上的许多错误完全与盖仑的思想同出一辙，这点是毫不足奇的。在那时，直接观察人类发育的机会是如此稀
183 少，维萨里只能把关于胚胎学的讨论局限在对狗的观察上。遗憾的是，他只能通过解剖动物和古书的记载来研究胎儿。

以发现肺循环而著名的哥伦布对人类胚胎学也很感兴趣。哥伦布曾解剖过一个他认为是大约刚形成才一个月的胎儿，后来因缺乏流产的胎儿，所以不能继续进行人类胚胎发育的其它阶段的研究。然而，他却批评其他解剖学家“毫不害臊地”把对低等动物的不完全观察应用到人的胎儿上来。但是，他自己的许多观察也是不可信的。例如，他曾宣称：“在妇女身上已经发现了会产生精液的睾丸。我可以证明，有时候，在这些睾丸里，还观察到白色、粘稠的精液。无论亚里士多德怎样说，两性的精液在子宫里

相结合。如果雄性精液占优势，就怀男性胎儿，相反，如果雌性精液占优势，就怀女性胎儿。”[3]

哥伦布在批评了亚里士多德以后，曾很有把握地宣布，希波克拉底关于胎儿在子宫里吮吸养料的论点和亚里士多德关于胎儿由月经血滋养的主张全都是无稽之谈。进而他陈述了胎儿由纯净而完美的血液通过脐带静脉滋养的观点。“胎盘”一词就是哥伦布提出的。十六世纪其他的一些解剖学家也进行了有趣的观察。但是，很少有人认为胚胎学是一个独立的特殊的领域而值得进行系统的研究。

法布里修斯的工作表明，即使是对于一个受过最好训练的文艺复兴时代的解剖学家来说，要抛弃古代的教条，用自己的眼睛来观察胚胎的结构和发育，那是多么困难。然而，法布里修斯可以被看作是科学胚胎学的奠基人。事实上，阿德尔曼 Adelmann 认为，在解剖学上，法布里修斯对胚胎学的研究比他对静脉瓣的研究更重要。

在帕多瓦大学的解剖示范室里，法布里修斯第一次用实验的方法，向踊跃前来听讲的成群学生们说明了胚胎各个方面的情况。他对比较解剖很感兴趣，其程度不亚于人体解剖，因为比较的方法看起来是发现身体各部分的活动和发挥功能方式的最好途径。在 1576 年的讲课期间，法布里修斯解剖了三具尸体，其中一具是在分娩时死去的妇女。他用实例说明了卵圆孔，说明了马和羊的胚胎的解剖，并且用一只怀孕母羊的活体解剖结束了一场长期的关于发育问题的讨论。除了出版许多解剖学书籍外，他还出版了两本重要的胚胎学著作：《论形成了的胎儿》和《论鸡卵和小鸡的发育》。考虑到他是在没有放大镜的情况下进行工作的，因此，这两本书中的插图就特别引人注目。

法布里修斯用事例说明了十六世纪思想界的紧张局

势。他写的每页书都反映了当时相信个人的观察事实与服从权威之间的矛盾冲突。他一定觉得要使自己亲眼所见的事实
184 去屈从于亚里士多德和盖仑的基本原理是件非常伤脑筋的事，这种基本原理对他的每种想法都加上了框框。在明显地为了创造性的观念而斗争的时候，法布里修斯还是几乎在每页上都引用了亚里士多德的话。有时，他引经据典地驳斥这位古代的思想家。然而，看来法布里修斯只有在摆脱了亚里士多德体系的束缚后，才能得出具有创见的结论。在“鸡精液的作用”一节中，他说明了精液不仅是冷的、白色的，而且也布满泡沫、含有灵气，显得活泼轻盈。这就意味着它天生就含有许多生物固有的热量。他把这个观点解释得很清楚：

> 事实上，这个热量是蕴藏在冷的物质中的。因为如果把它存放在温暖的物质中，它就很容易消散。这样，在一个动物从其中产生出来以前，热量就会丧失殆尽，而寒冷则防止了它的消失。[4]

这样一种解释很容易使十六世纪的科学看起来荒谬可笑。但是，这些有缺点错误的论述并不足以掩盖他这种开创性工作的重要意义。如果保持不偏不倚的态度，我们就会注意到：尽管他认为鸡是从卵黄系带中发育而来，但他确实观察了胚盘。虽然他认为母鸡粘液囊的作用是贮藏精液，但也必须把发现这个囊的荣誉归于他。他确实比其同行们更深刻地认识到了卵巢和输卵管在卵的形成中的作用。他对鸡胚发育过程的逐日描绘，在那个时代的确是最出色的。同时，他为了更清楚地描述发育中的情形而新造的一些术语，也有助于进一步的研究工作。更重要的，就像在他的循环系统研究上

一样，是他鼓舞了他的学生哈维。

二　哈维和关于动物的“发生”

哈维的著作《论动物的生殖》直到1651年才出版，其实他在这个问题上已工作了多年。许多历史学家把哈维在循环系统上的工作看作是一个伟大的成就，而把他在发生问题上的研究则看作是一个失败。失败的原因在于哈维的年龄太大——符合规律的衰老。但是，作为一个实验科学家和自然哲学家来说，他对发生问题的研究却具有深远的重要意义。他这方面的工作比起任何其它方面来，能更好地说明他是一个异常敏锐的观察家和极其热心的实验家；同时也说明由于缺乏可信赖的仪器和理论指导，给他造成了不可逾越的障碍。

哈维打算给久为人们所景仰的亚里士多德的渐成论发育理论提供实验证据。在这样做的过程中，他已经近乎证明，作为当时流行的全部关于发生的理论基础的中心教义是绝 185
对错误的。在十七世纪被人们普遍接受的人类胚胎发育理论，其优点是具有逻辑上的一致性，而其缺点则在于这个理论是完全错误的。在人们心目中，这个缺点较为次要。自亚里士多德的时代以来，胚胎一直被认为是来自母体的“质料”和来自父体的“形式”的结合体。这种“形式”交媾后立即从父体“突然排出”进入子宫。母体的血液养育了胚胎，而且提供了怀孕期间胚胎生长所需要的其它物质。

当哈维努力地应用观察和实验为真理而斗争时，他总是谦虚地承认，他是跟着那些“已经为这个问题带来光明的人的足迹前进的”。在这些先驱者中，他认为亚里士多德是导师，法布里修斯则“提供了方向”。[5] 哈维做实验用的材料一般从皇家花园中得到，国王给了他孵育中的鸡蛋和鹿。正如在

186

图 8－1　哈维的《论动物的生殖》一书的卷首插图
引自 J. F. Fulton L. G. Wilson《生理学史》选读 1966

研究心脏和血液时一样，他怀着对亚里士多德和古代哲学的崇敬而开始工作，但是他的实验天才却摧毁了当时流行理论的腐朽基础。然而，在胚胎学的研究方面，由于缺乏仪器和理论，他对发生问题不能提供新的令人满意的解答。

当哈维在进行一个令人赞美的实验项目时，他的观察却把他引向某种误解。由于他没有发现在卵巢中有什么东西与"雌性睾丸"卵巢有关的鸡卵的发育相似，因此他得出结论说，在发生过程中卵巢不起重要作用。当他要寻找一些生殖物质以作胚胎起源的依据时，哈维检查了许多处于发情期和发情期后母鹿的子宫。他进行了一系列仔细的解剖，但是直到发情以后六七周，在子宫里还是没找到什么实质性的东西。这使哈维和那些或许要探讨他实验结果的人都感到吃惊。哈维没有发现任何可以解释为对胚胎生成来说是必需的"质料"——无论是来自父体的精液或是来自母体的血液。

由于哈维关于发生问题的研究只局限于有性生殖的生物，他的发现对某些低等生物的"自然发生"问题毫无影响。法布里修斯认为，大多数的动物来自卵的发育，而哈维却把它扩展到所有的动物。他把这概括成一句有名的话："一切动物都来自卵""Omnia ex ovo"。这句名言并没有以严格的实验为基础，仅以他的假设为前提。他假设所有的动物都来自"某种具有潜在生命的物质或者某种本来就存在的物体"。他把这种"东西"称为"卵"。但他却错误地把哺乳动物的胎体也当成了卵。在哈维的"一切动物都来自卵"中的"卵"，实际上是大得可以不用放大镜就看到的胚胎。

按照哈维的意见，无论是雄性还是雌性动物都对新个体的产生有一定的作用。然而，哈维接受了古代的概念，认为某些产物是自然发生的，它们很可能是通过提供给它们的"没有任何性的差别"的"种子"而产生的。这样，哈维就不能建立

一个关于生殖问题的全新理论，而且完全不能认真地来解决关于自然发生的问题。哈维的工作尽管有不足之处，但比起他的前人来，仍有很大进步。要取得研究发生问题上的任何发展，必须抛弃陈旧的错误观念，持续地客观地进行实验。哈维的贡献十分重要，那时，在缺乏放大镜和显微镜的情况下，他做了受人钦佩的实验。哈维所谓的"卵"原来是一个形而上学的概念。但到了后来，在追随哈维的那些人眼中，它却变成了确定的和可见的"受精卵"了。

哈维通过对鸡卵发育的仔细研究确信发生过程符合渐成论的观点，即认为身体的各个部分是逐渐形成的。具有讽刺意义的是哈维几乎成了十七世纪后期和大半个十八世纪中唯一的渐成论鼓吹者。但是他自己进行的血液循环研究却极大地支持了关于生命世界的机械论观点，并由此导致了社会上预成论的先人之见。预成论的模式，比起模糊不清而且纯粹是描述性的渐成论模式，似乎更能符合机械论者的解释方式。

三　预　成　论

预成论的理论在十八世纪的科学中占有突出的地位，而它的哲学根源必须追溯到古代，如德谟克利特、恩培多克勒、柏拉图、卢克莱修、塞涅卡和"教父"们。确实，塞涅卡非常清楚地表达了这个观点：

> 精子 seed 里面包含着将要形成的人体的每一部分。在母体子宫内的胎儿已具有了有朝一日要长着的须发的根基。在这一小块东西里面，同样地已具备了身体的雏型以及后代子孙身上其它应有的一切。[6]

甚至如果亚里士多德看见过精液里的精子的话，他也可能已经成为支持预成论的权威了。

在十七世纪，有几个博物学家曾经声称，他们在还没有孵过的鸡蛋中看到了鸡胚胎的雏型。早在 1625 年，阿罗马特里的约瑟夫 Joseph 就这样声称过，并且复活了恩培多克勒的植物早就存在于还没有发芽的种子中的观点。在鸡蛋中，尽管血液在这样早的阶段还是无色的，非常难以看见，观察者们还是发现了一个完整的跳动着的心脏。

具有讽刺意义的是，显微镜的使用促使了许多热情的实验者离开了哈维的渐成论观点，转向毫无事实根据的预成论学说。这个仪器，如在哈维的手中，可能早就帮助他完成了关于循环系统的研究，可能使他关于发生问题的研究得以完成。然而，这个仪器在一些才能平平的庸人手中，却成了创立“科学的预成论”的工具。显微镜学的伟大先驱，例如马尔比基和施旺麦丹开始了这种倒退。马尔比基应用这个传统的研究体系——鸡卵发育所做的工作，强调了这种奇特的观点：各种哲学的支持者都可以研究这个相同的体系，然而却会得出截然相反的结论。因此，虽然一般说来发育是逐步发生的，但是马尔比基却相信在孵育期刚开始时，某些部分就已存在于鸡卵中了。尽管心脏要在孵育后四十小时才开始搏动，但却似乎在此以前就有一个完整的心脏存在其中。

尽管马尔比基可以借助于显微镜进行工作，他的条件比哈维要优越。但是他的仪器还没有好到足以能观察早期发育阶段上的细节。事实上，他经常抱怨他的放大镜质量差、有缺陷而妨碍了他的工作。他使用的显微镜并不比今天卖给早熟的孩子娱乐的玩具好多少。直觉上的失误也许像质量低劣的工具一样，阻碍了马尔比基的研究，使他造成了胚胎学史上

最出名的错误。马尔比基宣称他在还没有经过任何母鸡孵育的鸡蛋中看见了预成的小鸡。但是，在意大利夏天炎炎烈日的照射下已变得暖烘烘的鸡蛋，并不能有说服力地作为未经孵育鸡蛋的实例。正是这一个观察导致了和马尔比基的名字相连的最有名的"半生不熟的思想"。

尽管他的显微镜质量很差，对他所看到结果的意义又存在着误解，但是，马尔比基还是揭示了以前从来没有公开发表过的胚胎发育早期阶段的细节。这些细节包括对脉管区域、心脏和鳃弓的发育，背褶、脑的发育，中胚层的原椎、羊膜和尿囊等的描述。虽然马尔比基本人从没用过"预成"这个词，并且避免对于生长发育问题教条式地进行机械论的说明，但是，以一个科学理论而不是以一个哲学原理的预成论的出现，其时间是可以追溯到马尔比基论文的发表之日的。

1688 年，在公开的解剖演讲中，施旺麦丹做了关于昆虫的幼虫、蛹和成虫可以在其生命周期的某一阶段同时存在的演示。因为这些处于不同发育阶段的昆虫可以像盒子中还有一套盒子那样相互区分开来，于是施旺麦丹就得出结论说，在昆虫的变态过程中，没有形成新的部分。相反的，他认为在整个生命周期中，完善的和完整的昆虫早都以某种形式存在着了。施旺麦丹又用关于蝌蚪发育的研究来支持他从昆虫变态的研究中得出的结论。蝌蚪的肢体可以在这些肢体正常地出现以前的某个阶段从皮下切割出来。施旺麦丹嘲笑哈维关于变态的研究，并且把哈维关于发生问题的长期研究说成其中几乎每一个字都是错误的。施旺麦丹关于昆虫变态的研究虽然比哈维更动人，在技术上也更熟练巧妙，但他却给胚胎学的发展带来了有害的影响。

马勒伯朗士 N. de Malebrache 1638－1715，是一个法国哲学家、神父笛卡儿的信徒。他把施旺麦丹模糊的预成论观点

重新概括成含有哲学意义的理论。这个理论认为胚胎是一个无穷的系列，它像一套大小不同的盒子一样，每个胚胎中还含有更小的胚胎。这位虔诚的哲学家还把这个理论推广到所有的动物和植物。预成论的科学变成了神学教义的支柱，因为圣经认为亚当和夏娃确实是一切人类的祖先。但是，尽管预成论阻碍了胚胎学的发展，它却有一个优点，即预成论普遍地排斥自然发生说，因为这种学说和他们关于生长发育的观念是相矛盾的。然而，盒子套盒子的套装理论只允许有一个亲体作为预成个体的来源。众所周知许多动物都有卵。因此，卵也就理所当然地成了遗传的运载工具。而雄性不成形的精液仍旧起着提供"发生的要素"这样一个关键的作用，这个要素是开始发育和生长所必需的。但是当用显微镜在精液中发现大量活跃的小动物后，有些科学家便抛弃了卵源论者的预成论，而坚决主张新的个体是存在于精子之中了。

卵源论者与精源论者

某些显微镜学家们提出，精子与某些疾病有关，或者它们本身就是一种永久的寄生虫。列文虎克却认为它们是雄性发育生长的正常部分。尽管他关于发育问题的论述前后自相矛盾，但他确实宣布过他已看见了两种不同类型的精子。显然，这两种精子就代表了微型的"男孩"或"女孩"。列文虎克关于"精液中小动物"的观察带有基础研究的性质。莱顿 Leyden 的一个医学院学生哈姆 J. Ham，在 1677 年 8 月第一个观察到了精子。他的叔叔是个医学教授，就领他去见列文虎克。列文虎克证实了哈姆的观察，同时，他研究了这些"精液中小动物"的外形、能动性、生存以及其它特征。这些观察的结果在 1677 年 11 月送到了皇家学会，后来在 1679 年的《哲学学报》上翻译成拉丁文发表了。

列文虎克依附于精源论者的预成论这件事，是与他本人

的研究自相矛盾的。因为正是他本人发现了蚜虫的孤雌生殖现象。由于在蚜虫的整个世代中没有找到雄虫，他就仔细地研究雌蚜虫。他解剖了许多蚜虫，企图发现蚜虫的卵，却在母体内发现了许多像亲代一样的小个体。到1699年，他开始怀疑，认为雄蚜虫可能是不存在的。但是，尽管他得出了蚜虫是唯一的没有雄性也可以繁殖后代的生物这个结论，他仍然是一个精源论者。对雌蚜虫的研究本来应该使他认识到雌性的作用。但是相反，他精心构思了一套理论为他的蚜虫问题辩解。他提出蚜虫确是由精子发展而成的小动物，而雌性蚜虫则是这些奇怪生物中的失踪者。

图8-2 精子草图
精子里面包含着如哈特索克所描述的微型小人

有些优秀的科学家和哲学家虽然企图建立一种具有逻辑一致性的学说来解释预成论，但是许多庸人却提出了如此荒谬可笑

的证据，以致于这种学说最后终于被谬论所压垮。有的科学家论证说，所有的人及其寄生虫都已经存在于人类的祖先——夏娃的卵巢里了。哈特索克 N. Hartsoeker 1656－1725 还画了一张有名的微型小人草图，图上画的是一个精子，里面塞着一个非常小的人。为了使之更具有“数量上的精确性”，哈特索克还计算了上帝创世时，第一代的兔子要达到多大的体积，才足以容纳开天辟地以后所有的兔子。这种蠢人当然不仅有哈特索克，因为伯斯里加特 N. A. de Boesregard 甚至说（约在 1650 年）他看见了精子正在表现出某些行为，而这正是它们以后要成为的那种动物的行为特征。当有些显微动物学家把他们的观点建筑在纯粹的推测和神学的教义基础上时，另外却还有一些人也打算进行实验性工作，面这些人甚至连应通过显微镜的哪一端进行观察也不知道。这些观察者们结合了初期显微镜中由于不够完善而出现的球形的和彩色的人工赝像，对精子及其发育最初阶段的情形，画了各种奇怪的图画，有的还进行了详细描述。

卵源论者的预成论

两个最有声望的卵源论的支持者是哈勒 A. von Haller 1708－1777 和邦尼特 C. Bonnet 1720－1793。哈勒是一个有名的生理学家。他对鸡卵发育的研究使他相信，在鸡蛋还未生下前，就可以在卵中发现胚胎以及发育成熟所需的一切基本物质。哈勒本人并没做过多少纯粹的胚胎学研究，但是，他鼓励了邦尼特在这方面进行工作，并且支持他发表卵源论的观点。在这样杰出科学家的指导下，有利于把注意力集中在卵是预成个体的根源这个问题上。

卵源论者和精源论者的斗争，更多的是在刊物上面不是在实验室里。杰出的科学家如哈勒、雷奥米尔、邦尼特和斯巴兰让尼 Spallanzani，完全压倒了那些毫无价值的只会推测“细

图 8－3　哈勒的画像　引自 A. Meyer
《胚胎学的诞生》加利福尼亚斯坦福大学出版社　1939

丝般的精子"或精液中小虫作用的人们。

邦尼特 Charles Bonnet 1720 – 1793 191

邦尼特出生在瑞士日内瓦一个富裕的胡格诺底 Huguenots 派教徒的家庭里，这个家庭曾因受教派迫害，被迫逃离法国。他先学习法律，后来主要是在雷奥米尔 R. A. F. de Reaumur 1683 – 1757 的影响下，走上了献身科学尤其是昆虫学的道路。严重的眼疾迫使他放弃了实验性工作。但由于家庭富裕，他还能在其余生中进行纯粹推测性和理论性的研究。像他的同行哈勒一样邦尼特也是个非常虔诚的教徒。他努力地想使自然科学与神学教义相调和，以致于他的科学论文听起来简直就像神学说教。开始他略为倾向于生长发育上模糊的渐成论观点。以后他就开始相信繁殖的预成论观点。在这方面，他既从自己研究工作中，也从与哈勒的通讯中受到影响。当预成论总的说来还是一个哲学上的原理时，邦尼特通过实验途径已得出了一个科学的"被包含在内的"理论 192
的细节。

卵源式预成论最好的证据，均出于列文虎克的观察：某些昆虫的繁殖不需要受精——即不需要雄性昆虫。在研究蚜虫的繁殖时，邦尼特发现夏天孵化的雌蚜虫不需要受精就能生出子蚜虫。在秋天，新的一代雌蚜虫在与雄蚜虫交配后，才产卵。他进行了仔细的分离工作，用孤雌繁殖方法培育出了三十代"处女"蚜虫。邦尼特还发现了昆虫繁殖和变态中许多其它的奇怪现象的详细情况。按照他的观点，每个雌性动物都包含着所有以它为祖先的这种动物的"胚芽"。因此每个物种的第一个雌性动物的卵巢中就包含着这个物种一切后代的雏型，它们以"胚芽"的形式存在。当得到合适的营养后，这些胚芽就会受到刺激而开始生长。雄性的精液就是起这个刺激作用的，它是发育生长所必需的。在生长发育后期，则由母

体供给营养。为了解释各种特殊情况和新的发现所提出的一些问题，这个理论必须变得更加复杂，包括更多的内容。

例如，在高等动物中，这些“胚芽”必然局限在生殖器官内，而在低等动物中，它们则必须分散在整个身体内。1741年，邦尼特已经用珊瑚虫和水螅进行了实验，并且验证了古人的观察，即某些生物可以再生出失去的部分肢体，或者从身体的某一部分形成一个新的个体。“胚芽”分散在身体各部这样一种解释虽然顾全了预成论的概念，但却给灵魂和肉体关系的理论带来了麻烦。这就使虔诚的邦尼特大伤脑筋。如果灵魂总是一个，而且是不能分割的，那么当从原有生物的片段和部分中再生出新的个体时，灵魂又该是什么情况呢？

在邦尼特的心中也是有着某些疑问的，例如，“胚芽”究竟真正就是某个特定的个体呢，还是仅仅决定长成的是什么物种？后来，他逐渐地采用了这样一种理论，认为“胚芽”“携带了这个物种原初的印记，而不是个体的印记。它是一个人、一匹马、一头牛等等动物的微型画像，而不是某一个人、某一头牛。”个体的变异是由外界因素引起的，例如母体的结构以及发育生长期间的营养状况等等。

这个理论不能只因为在显微镜观察中没有发现微型的个体画像而被否定。因为按照邦尼特的解释，胚芽中的微型物体不可能真正被看见。生长着的有机体只要某个合适部分
193 吸收了营养，生长就是一个纯机械的过程了。尽管这个理论看起来还有很多疑难问题，但是邦尼特的著作却变得非常有名。他受到了拉马克 Lamarck、居维叶 Cuvier 和其他许多人的高度钦佩。事实上连认为邦尼特的理论是“冗长乏味、使人厌烦”的拉德尔 Rádl 也相信邦尼特的这些观点曾影响了魏斯曼(A. Weismann)。[7] 然而，即使是邦尼特本人也被迫承认预成论是“推理的理性信念压倒感性信心的最伟

图 8－4　斯巴兰让尼　引自 W. Bullough《细菌学史》　1960

大胜利之一"。[8]

斯巴兰让尼 Lazzaro Spallanzani 1729－1799

斯巴兰让尼是十八世纪生理学界伟大的人物之一，他是实验生理学的奠基人，也是解释受精现象主要的权威。原先他在意大利的波伦亚 Bologna 学习法律。他亲戚芭西 L. Bassi，1711－1778 唤起了他对科学的兴趣。芭西是一位杰出的妇女，任波伦亚大学数学教授。在当时，这对女性来说是个很少见的荣誉。虽然斯巴兰让尼接受了神职，成了斯巴兰让尼"神父"，但

他仍然在大学里担任各种不同的职务。斯巴兰让尼是个多才多艺、精力充沛而机灵的人，他教授数学、物理学、哲学和希腊文。他最后一个职务是应匈牙利女王特里萨 M. Theresa 1717－1780 的邀请，于 1769 年就任意大利帕维亚 Pavia 大学的自然史教授，直到去世。除了教学工作外，他还多次去瑞士、亚德里亚海地区和小亚细亚等地旅行、考察自然历史。他研究过的领域相当广泛，有消化、血液循环、再生现象、自然发生、动植物的繁殖、呼吸、蝙蝠的感觉、海绵动物学以及电鳐的电活动。

194 斯巴兰让尼坚定地支持卵源论的预成论，这与他的实验天才是自相矛盾的。回顾一下历史，人们就会发现，他对精液的研究，本来应该成为他形成正确的生殖和发育理论的经验基础。然而，他的声望与十八世纪的卵源论的优势地位很有关系。由于他与布丰和尼达姆 Needham 之间关于纤毛虫的性质和自然发生现象的长期争论，他被拖入了关于精液的研究。当尼达姆批评斯巴兰让尼时，邦尼特希望他能对精液进行系统的研究。由于他对布丰很尊敬，因此开始时，他显得非常勉强、十分拘谨。然而，他的初步研究就显示了那位有名的法国自然学者工作中的明显缺点我们将在第十章中讨论这些科学家关于自然发生现象的观点。

在发生和再生现象的研究中，两栖类被证明是一种很理想的材料。用显微镜对两栖类的尾巴、四肢和上下颌的再生现象进行研究，具有显著的定性的效果和严格的定量的精确性。通过变化温度和营养条件来影响再生现象的试验，具有明显的可重复性。在研究再生现象时斯巴兰让尼在两栖类的生活史上向前回溯，进行研究直到其原始起点。他毫无疑问地把这起点归结为卵。对两栖类卵的发育进行的研究，给他提供了他认为能足以说明卵源论的证据。他发现，蛙卵的体

积在雌蛙体内就逐渐增加了。对斯巴兰让尼而言，这种生长现象只能说明在卵中已存在着蛙。这样在卵还没排出体外时，蝌蚪就已存在于卵中——以某种方式蜷曲和紧密地集聚着，只要有雄性的能使之受精的液体存在随时准备展开自身。

斯巴兰让尼尽管认为卵中包含了预成的个体，但他并没有忽略精子。1771 年，他开始用显微镜对蛙的精液进行研究。通过观察其它两栖类：鱼类、狗、羊、牛、马和人的精液，证实了他的结论的普遍适用性而不只适用于某些特殊物种。

在十八世纪，关于受精现象的概念还非常模糊不清。事实上直到 1828 年，才发现了哺乳动物的卵。而关于精液和卵核的结合则到十九世纪末才被观察到。有些自然学者认为受精时卵没有什么作用，而其他的一些人则否认精子的存在，或把它们解释成一种像别的纤毛虫一样的寄生虫。许多研究 195
人员认为体外受精现象从来就没有发生过。林耐 Linnaeus 断言："任何一种生物，卵的受孕或受精不可能是在母体外进行的，这是从未有过的事。"那些研究了雄性动物精液的人则争论，到底是精液的哪一部分——液体，精子，还是某种无形的成分即"精液的气味"具有受精的力量。甚至连哈维和法布里修斯都相信，在精液中有某种活跃的非物质的力量在受精时起作用。哈维把这种看不见的力量比作为磁力。[9]

斯巴兰让尼能够提出严格的证据，证明蛙的受精确实是在体外进行的。所谓"精液气味"的概念是错误的。他做了许多实验来观察蛙交配的情形。他把正在产卵的蛙杀死，取出其卵并与精液接触。他发现这些卵都能正常发育。但是如果把雌蛙体内的卵解剖出来，不与精液接触，这些卵就不能发育。斯巴兰让尼提出：受精可以在体外进行；接触精液为生长发育所必需。为了检验这个假说，他为雄蛙设计了特殊的紧

紧贴身的塔夫绸"裤子"。穿着这些独特服装的蛙像平时一样企图交配。交配后,虽然雌蛙产下了许多卵,但没有一个卵能够发育。而当一些卵与保留在裤子上的精液接触后,正常的发育便开始进行。后来,直接从精囊中收集精液并把它小心地"涂"在卵上,这些处理过的卵都能正常地发育成蝌蚪,而没有与精液接触过的卵则解体了。这样,斯巴兰让尼就发明了一种人工授精方法。

邦尼特为这个实验的成功感到非常兴奋,因此建议试制许多新奇的杂种。斯巴兰让尼逐个地对蜾蠃、蛙、蟾蜍、蚕,最后是狗,进行了人工授精。值得注意的是,他并不是第一个进行人工授精的人。阿拉伯的牧马人进行人工授精已有好几个世纪了。1781 年,邦尼特写信给斯巴兰让尼说:"我不知道是在哪一天,但总会有一天,您所发现的东西将会应用到人类本身,造成我们很少考虑过的后果,它将会是我们无法忍受的。"早在 1790 年,亨特 J. Hunter 1728 - 1793 就非常谨慎地为一个患有奇怪毛病的亚麻布商人施行了人工授精手术,使他的妻子生了孩子。[10]

邦尼特怀疑精液的气味是具有致使受精的足够的刺激力量。他建议斯巴兰让尼用他的人工授精方法来检验一下,到底是精液中的哪一部分引起了受精。这个建议促使斯巴兰让尼进行一系列富有创造性的实验。他先把十一谷[①]精液放在一片表玻璃上,再把二十六个卵用面筋粘在一个小的表玻璃上,然后把小的表玻璃倒过来扣在大的上面。过一段时间,装置表明已有一谷半的精液蒸发掉了。这时,卵虽然已相当湿润,但是把这些卵放入水中后,它们并没有发育。为了检验剩余的精液是否仍旧有效,他把一些精液涂在其它的卵上,

① 谷:重量单位,1 谷 = 64.8 毫克。

这些卵确实发育了。通过这样的实验，斯巴兰让尼证明了“臭蝽鲦的受精，并不是精液的气味发生了作用，而是精液中可 196
觉察部分作用的结果”。[11] 按照邦尼特的建议，斯巴兰让尼用其它的东西来代替精液，例如血液、血液提取物、电流、醋、酒、尿、柠檬汁、酸橙汁、油等等。所有这些刺激发育的尝试都未成功。为消除精液的受精能力，他又做了许多实验。他发现，将精液稀释，暴露在真空里，冷藏或用油处理，都不能使它失效，而加热、蒸发、酒或用滤纸过滤等等处理，则能消除精液的受精能力。

回顾一下斯巴兰让尼最吸引人的实验，包括精液的过滤实验。通过过滤，得到一种缺乏受精能力的液体和一种包含有精子的粘稠残余物。当这些残余物从滤纸上清除下来悬浮在水中时，它又具有使卵受精的能力。实验显示的结果是很明显的，然而斯巴兰让尼却得出一个错误结论：即完成受精作用的东西是残留在纸上带精子的液体，而不是精子本身。他怎么会得出这个结论的呢？因为其它的实验为他证明了“精液中的小虫”对受精是不起作用的。他曾试验过显然是没有精子的液体仍然能使卵发育。他还发现，在尿或醋中稀释的精液，虽然其中的精子很明显地被杀死了，但也能引起卵的发育。他相信精子很明显像纤毛虫一样，是真正的小动物，精液中的液体是它们的自然栖息处。斯巴兰让尼用所谓“没有精子的液体”进行发育实验所观察到的现象，或者是人工的单性繁殖的结果，或者是由于存在的精子非常少而他却认为没有精子了。[12] 这两种可能性都存在。但值得注意的是，他通常是通过一把刷子或一根针来把精液涂布在卵上。1910年，巴塔隆 Bataillon 通过用一根玻璃针或一个玻璃微管刺激蛙卵，成功地进行了蛙卵的人工发育。

斯巴兰让尼相信精子是真正的寄生虫，它是通过性交传

染的，或者是通过怀孕期的子宫或者甚至是通过哺乳从上一代传到下一代的。布丰和邦尼特终究已经报告过曾在“雌性精液”或血液中发现了所谓的“精液小动物”。由于先就有了这么一堆错误的概念，斯巴兰让尼即使亲眼看到受精过程中的现象，也仍可能会用它来证明他那个寄生理论。假设精液的液体部分是卵的发育所必需的话，那么这些寄生虫也许会穿破卵壁，进入微小的预成的生殖器官，并停留在那里，直到青春期这种潜在的疾病才被暴露。按照这种理论，所有男人都要遭受这种“精虫寄生病”的折磨，而精子的传递则被认为是一种性病。

斯巴兰让尼热衷于进行巧妙的实验，而不是修饰辉煌的理论，这给他带来了巨大的荣誉。他注意到孩子与双亲的相似性，提出了一个牵涉到“胚芽”在母体内预先存在的问题。他又不愿意确认精液中的那些他进行了这样仔细研究的小动物的作用，因此他的结论是，这个问题太复杂，超出了人类知识的范围。

四　对预成论的挑战

沃尔弗 Casper Friedrich Wolff 1733 – 1794

正当预成论者在为他们的理论拼凑自以为是不可辩驳的证据时，沃尔弗引进了一种分析发育和分化的新方法。沃尔弗生于柏林，父亲是个手艺高明的裁缝。他先在柏林的医学和外科专科学校读书，后来又到哈勒 Halle 学习。在学医学的同时，他还专心一意地从克里斯琴·沃尔弗 Christian Wolff 那里吸收了广博的哲学思想。克里斯琴是数学和哲学教授，是《关于上帝·灵魂和世界的观念》一书的作者。沃尔弗为他良师益友的植物学工作和哲学原理所深深吸引。这个哲学原

理认为任何事情的发生都必然有充分的理由，无中生有是荒谬可笑的。1759 年，沃尔弗发表了一篇论文“发生理论”。这篇论文成了胚胎学史上的一个里程碑。然而他这部著作在生前并未得到承认。在拒绝了柏林大学医学院职务后，他最后迁居圣彼得堡，并成为解剖学和生理学学会的会员。

由于沃尔弗的理论轮廓不符合于当时流行的思想概念，因此被同时代的人所忽略，并受到误解。当时主要的预成论者哈勒、邦尼特、斯巴兰让尼，都带着强烈的神学倾向来看待生命和科学。他们总是有意无意地想保护和增强圣经上关于创世的证据。而在科学上，他们则想把生物发生的问题纳入一种一般的机械论生理学体系。沃尔弗则与他们相反，他认为，由于发育的实际的机制还不可能被确定，因此对生物发生问题的研究只能作纯粹的描述。

沃尔弗结合了对植物的观察与发育必然是渐成的哲学假设，写出了“发生理论”一文。显然，沃尔弗并不了解别人已经有了先入之见，持有强烈的预成论观点。事实上，他曾把论文送给哈勒。当哈勒以神学为根据驳回这篇文章时，沃尔弗则反驳说，一个科学家唯一追求的是真理，他不应以神学为根据预先判断材料的正确程度，而应当以科学为依据来作出判断。然而，沃尔弗自己理论上的先入之见却导致他支持渐成论，并且还引进一些有利的观察结果，用以加强在发育问题上纯粹是描述性的渐成论。

沃尔弗是第一个确切地阐明了“自然哲学”关于自然界的基本原理的生物学家之一。按照这种思想方式，世界是按照一种事先确定的协调原则建立的。任何明显的变化都由于事物 198
内部的性质，因为发展是按照事先确定的法则而进行的。对生命的理解即意味着得到详尽的关于各种生物渐进发育过程的描述性知识。按照自然哲学的观点，生命不可能以机械

学的或物理化学的原理来加以解释。

对林耐来说，给动物和植物命名是科学的首要工作；而对沃尔弗来说，描述生命现象才是生物学的重要任务。他似乎是第一个特别关心研究动植物生长发育和分化的人。正是在动植物的胚胎发育上，自然哲学找到了其最典型的表达方式。如沃尔弗所说："我们可以得出结论说，身体上的各个器官并不始终都是像现在这样存在着，而是逐步形成的，不管形成过程中采用何种方式。我不说它们的产生是由于某些颗粒的偶然结合，或是通过某种发酵过程；或是由于某些机械的原因，或是通过灵魂的活动。我只说它们已经产生了！"[13]

这篇有名的论述生物发生问题的文章，开头部分是一系列定义。"生物发生"的定义是：通过身体各部分的产生而形成身体。由于发生的真正机制不可能被揭示，因此便引进了一个模糊的描述性词语，即"本质的力"vis essentialis 或"内部的力"inner force，以此来解释造成变化的原因。沃尔弗的许多研究都利用了鸡的胚胎，而预成论者也正是从这种材料中找到了他们的许多证据。但沃尔弗特别注意的是植物的变态。他假设，动植物在还没有分化时，本质上是相同的。这个关于原始未分化状态的假设是他一切结论的基础。他对上述原始不分化状态所作的强调，对他的理论具有重要的意义；在这个意义以外，我们同样可以说，这一强调，很可能也为细胞理论的基本意义，即为作为生命单位而存在的细胞的普遍性，打下了基础。

沃尔弗认为，植物变态很适合于研究生物的生长发育。因为他的兴趣不在于受精现象或探索尚未分化物质的最终起源，只在于一旦开始后的分化模式。这样的领域是适合于他的思想模式的，但是，我们也不应该忽略另外一个因素，即这样便能使他避免显微镜技术上的局限所带来的困难。自从

列文虎克的时代以来，显微镜并没有得到多少改进。事实上，在许多情况下制造显微镜的工艺标准反而有所下降。由于它的质量低劣而又缺乏良好固定染色技术，所以用植物组织作材料比较有利，比起未染色的动物组织来，前者能观察到更多的细节。这样，沃尔弗关于胚胎发生的论述，大都来自于他对植物各个部分的发育所看到的现象。沃尔弗论证了叶及花各部分都起源于基本上还未分化的物质。他所做的一切工作的前提便是动物就像植物一样，是由某些未分化的原初物质通过分化而发育起来的。

按照沃尔弗的观点，植物内部的生命力使它从土壤中吸取液体。这种液体在茎的生长点上聚集起来，变成一种稀薄的浆状物。随着液体的蒸发，形成了小的泡或囊。在充满小泡的浆状物中进一步的发展使各小泡连接起来，形成中空的通道。这样就形成了植物维管束系统的管道。这些在植物生长中所进行的观察，影响了沃尔弗对鸡胚发育的解释。

沃尔弗相信，小鸡也是由含有小泡囊的物质小块形成的。这种小块并不含有身体的结构或部分。后来，与植物相似，从这些物质中形成了管道系统。事实上，他给渐成论的第一个证明，便是鸡胚的血管并不是在孵化初期就存在的。即使用酒精使它更容易看清，也观察不到。他在动物的血管与植物的管道之间作了错误的类推，这可能导致他把精力集中在对动植物的相似性研究上。为了给所谓的动植物相似性提供更多的证据，他集中研究肠、血管和肾脏的发育，因为这些部分最后都形成了中空的管状物。他甚至把说明植物“叶”的术语用来描述在动物中“肠”（还可能包括“中枢神经系统”）的形成方式，认为它们都是通过一些均质的体层蜷曲折叠成管状物的方式所形成的。

在沃尔弗的著作中已经预示了许多重要的概念，其中最

基本的当然是整个关于变化的概念。但是，他预示了关于动植物在结构上的相似性、细胞理论以及用胚层来描述胚胎，新结构从胚层中发育出来。他描写的小囊或小泡也许就是细胞。当然他并不是第一个见到细胞的人。1665 年，胡克 R. Hooke 在《显微图谱》Micrographia 中已经描写了在软木中发现的细胞。其他也有过关于见到"小球"的报告。尽管在许多情况下，这些小球的出现很可能是人为的赝像，或者是由于镜片没调整好所造成的像差。然而，最重要的是沃尔弗已认识到植物在发育的早期阶段是由很微小的单位所构成的，而这些小单位并不是成体器官的雏型，动物也同植物一样。

沃尔弗似乎懂得，那些小泡或"小球"能够变成身体的其它部分，但是，他的概念和现代的细胞理论并不相同。他的"细胞"是浆状物质中的次生结构，而不是原初的生命一级单位。他并没有引进渐成论的概念。我们知道，这种概念是种很古老的思想。但是他提出了一种新的考虑发育问题的方法。这常常是抽象和推测性的，他觉得非要为他的理论提供观察上的证明不可。他的观察正好惊人地符合于他的理论，这种方法是他对待这个问题态度的直接结果，他刚好知道他要找些什么东西。

尽管沃尔弗未能使他的同时代人转变成渐成论者，但他
200 的工作却不是默默无闻、毫无影响的。赫胥黎 T. H. Huxley 1825 - 1895 把他看成是一个如此超越时代的天才人物，以至于同时代人都不能理解他。从根本上说，预成论非但没有促进对胚胎的研究，反而起了阻碍作用。如果生长发育仅仅是指微型个体的胀大，那么研究关于成体的知识将和研究发育的最早阶段的知识相同。而研究完全长成的个体要容易得多，所以就根本没有必要去从事对成体前身——微小而又易损坏的胚胎的研究了。沃尔弗的工作证明，在胚胎发育中确

实有些有趣的东西值得研究，在生长发育中，不仅有生长而且还有变化。对沃尔弗来说，预成论在哲学上的局限性，使它根本无能去指导科学研究。沃尔弗写道："那些采用预成论体系的人，解释不了有机体的生长发育，根据他们的看法，只能得出结论说：有机体是根本不发育的。"[14] 虽然沃尔弗完全否定预成论，但是，正像科学上的许多争论一样，双方都有某些真理的因素，需要一种新的理论才能解决这个争论。某些资料本身是有根据的，但解释资料的理论则还不完备。

十八世纪后期舆论有一些改变，这使沃尔弗的理论较为符合科学家的志趣。在自然哲学的影响下，许多科学家拒绝把十七世纪的机械论应用于生命系统。尽管哲学思潮已经改变，但作为科学史上的一个事实，预成论和渐成论的争论在十九世纪前并没有得到满意的解决。其原因在于下列两个因素：第一，当时还没有细胞理论，不能提供更精细地了解精子、卵和胚胎发育的理论框架；第二，科学家们还未突破过分简单化的机械论和自然哲学的局限，没有认识到既不需要把生命有机体看作是机器，也不应放弃寻找支配生物体的机制。

发生和发育问题的历史连续性将把我们带进了十九世纪。在十九世纪里，这个问题是和细胞理论的发展及显微技术的改进紧紧相联的。

自然哲学或浪漫主义

十九世纪早期，"自然哲学"或"浪漫主义"（这是更炫耀的称呼）渗入了许多从事更"玄妙"科学的实践者的头脑。这些浪漫主义者强调人的情感，强调事物的多样性，强调人的主观性。他们喜好对事物的发展变化作历史性描述。浪漫主义哲学引起了人们对自然界中发现的各类事物的兴趣，从而影响了生物学——一门年轻而渗有人类自我意识的科学。实

际上,"自然哲学家"使用的"自然",在某种意义上相当于"上
201 帝"。他们的兴趣集中在变种上,把它们作为数量有限的"原始模式"或"理想形式"的反映。而"原始模式"则反映了自然的基本安排,它是一种普遍化的形式。了解原始模式是了解生物有机体的关键。这样,就像对制度、风俗、种族和个别有机体的历史感兴趣一样,浪漫主义者对比较解剖学和形态学也产生了兴趣。按照他们的"历史"观点,可以通过关于发育和分化过程的详细描述来了解生物体。许多受到浪漫主义影响的生物学家继续从事着胚胎学的研究。这些人包括:贝尔 von Baer、雷马克 Remak、奥肯 Oken、塞雷斯 Serres、米克尔 Mickel、潘德尔 Pander、多林格 Dollinger 等。虽然哲学为他们提供了新的动力,但只是在经过用显微镜进行的长期耐心和细致谨慎的研究后,贝尔和其他人才发现了发育生长的真实过程。他们发现发育是从均匀相同的物质发展成含有不同成分的物体,从一般的形式发展到特殊的形式。

贝尔 Karl Ernst von Baer 1792 – 1876

许多关注着细胞理论发展的科学家都爱好自然哲学,有时喜欢其中最为极端的表达形式,有的人则似乎在思想状况和情绪感情上受到严重的折磨。贝尔无疑就是这样的一个典型。贝尔出生在俄国爱沙尼亚一个破落的德国贵族家庭。他很不情愿地进入了一所医学学校,以此作为谋生以及今后充当科学家的手段。尽管医学研究对他并无多大吸引,但却改变了他最初要当个军人的目标。他不愿做开业医生,就转向对解剖学、胚胎学、生理学和比较解剖学的研究。最后,他用完了全部资金、典当了所有财产步行到达柏林,想在那里继续自己的研究。过了几年流浪和贫穷的生活后,他在柯尼斯堡 Königsberg 找到了职业,进行了他大部分的胚胎学研究工作。虽然,他无愧地以现代胚胎学的奠基人而著称,但他还是

个博物学家，对人类学和人种论颇感兴趣。工作和荣誉并没给他带来心情上的安宁。有一次他的抑郁症发得十分严重，以致有整整一年时间，只能待在家里无法进行工作。此后，他零星地搞了些研究。后来他发现旅行和科学探险对他心情平静很有益处。他到拉普兰去旅行，并广泛地游览了遍布欧洲的各个博物馆。他还考察了沙俄帝国的渔业情况。当视觉和听觉都不灵便时，他就退休了。退休后仍然进行一些研究，直到八十四岁逝世为止。

1827 年，贝尔发表了“论哺乳动物和人卵的起源”一文。这篇文章是胚胎学史上的一个里程碑。它第一次准确地报告了哺乳动物的卵。1828 年，贝尔在奥肯自然科学者和医生协会的会议上，介绍了他的关于哺乳动物卵的发现。他的论文虽然被有礼貌地接受了，但却犹如石沉大海，无声无息。当时，细胞理论还没有系统地形成。无论是贝尔本人还是他的听众，都不懂得卵作为一个单个细胞的真正含义，不懂得卵是形成机体、进行繁殖和生长发育的基本单位。

令人奇怪的是，哺乳动物的卵（人卵约有 0.13 毫米，是人体内 202
最大的细胞）发现得并不早；而宽度几乎还不到 0.00025 毫米的精子，却早就被第一批显微镜学家们发现了。虽然哈维把关于“发生”的概念作了“一切动物都来自卵”的概括，可是他看到的只是鸟类、爬行类、两栖类和鱼类的卵。这些卵大到可以用肉眼看到，用一个简单的手持放大镜就能很容易进行研究。格拉夫在 1672 年的发现支持了卵源说。但他发现的实际上是兔子、羊和人的卵巢（当时被误认为卵）。后来这些结构就被 203
称为“格拉夫氏泡”。对这些“卵”是怎样运动到子宫里的探索并没有成功。哈勒认为，卵是由格拉夫氏泡中的液体凝集而成的。1667 年，斯坦诺描述了星鲨的雌性生殖器官及其卵巢中的卵泡。斯坦诺认为妇女的“睾丸”应被看做与卵生动物的

图 8－5　格拉夫论文中关于牛和羊卵巢的插图
引自 J. F. Fulton L. G. Wilson《生理学史选读》　1966

"卵巢"相似。不幸的是，哈维对"卵"egg 的寻找并没有和斯坦诺关于"卵"ovum 的探讨相协调。

在对狗与其它动物的卵巢进行比较研究时，贝尔从一条怀孕母狗的格拉夫氏泡中发现了卵。从某种意义上说，这个发现很出乎意料。解剖学家原先以为哺乳动物的卵是透明的，而实际上狗的卵却显黄色，并不透明。而且，贝尔也没料想到在已经怀孕的动物身上还能发现卵。在别的研究实验中，贝尔已经在兔的输卵管中看到过微小的物体。虽然他在卵巢中没有发现像这样的结构，并且他也知道它们实在是太小了，根本无法与格拉夫氏泡相比，但他仍然设想这些"小物体"必定是卵。在偶然地发现并认识了这些浮在卵泡液中的淡黄色小颗粒后，他就能用肉眼在所有成熟的卵泡中找到它们，并再用显微镜仔细观察。在剖开卵泡，对这些小颗粒进行更仔细的观察后，他确认这些小颗粒与他在输卵管中发现的小物体是相同的。

贝尔第二个重大的贡献，是把发育过程总结成大家熟知的胚层理论。潘德尔 C. Pander 1794－1865 先前已经描述过鸡胚的胚层，但是，是贝尔总结了这种现象。这个理论纯粹是描述性的入门指导，并不打算解决发育的机制问题。它只简单地说明了相似的器官来自于相似的胚层。尽管脊椎动物成体的类型极其丰富多样，贝尔却发现了一种有用的理论框架，它可以指导所有物种类型的胚胎学研究。

贝尔在进行研究的初期，按照沃尔弗的建议，曾假设有四个胚层。后来的研究表明，最好把沃尔弗认为的两个中间胚层合为一个。1855 年，雷马克 R. Remak 1815－1865 重新整理和命名了这三个胚层：外胚层，即"外面的一层"，它产生皮肤和神经系统；中胚层，即"中间的一层"，发育成肌肉、骨骼和排泄系统；内胚层，即"里面的一层"，分化形成脊索、消化

系统及其附着的腺体。这样，每个胚层都有其"特定的组织学上的发展趋势"。这是一个过分简单化了的胚层发育规律。那些不用功读书的学生们常常是只记得在介绍性的胚胎学书上学过这个规律。但与这个基本规律相矛盾的事实，却是经常发现的。

贝尔对胚胎学的第三个重要贡献是，在鸡的胚胎中发现了脊索。他证明了这个通常是短暂地存在的内胚层结构存在于所有的脊椎动物中。脊索是贯穿于脊椎动物胚胎总长的由细胞形成的柱状物，最后发育成为脊柱。除了某些鱼以外，在
204 成熟的脊椎动物中，脊索是看不到的。它可作为鉴别那些可疑动物是否属于脊椎动物的非常重要的标志。

贝尔的另一个强有力的描述性概括，是大家后来所熟知的"生物发生律"或"相应阶段律"。这个规律基本内容是：在发育过程中，高等动物要经过与低等动物的发育相似的阶段。实际上，贝尔提出关于这个规律有以下四项：首先，在发育中，一般的性状先出现，特殊的性状后出现；第二，从一般的性状中发展出比较不一般的性状，最后才发展出特殊的性状，例如，先从肢芽变成肢，再分化为手，翅膀或鳍；第三，在发育过程中，不同物种的动物胚胎发育起初经过相似的阶段，以后才愈来愈有区别；第四，高等动物的胚胎发育经历着与低等动物的胚胎发育相类似的阶段。

205 不像贝尔那么仔细而又缺乏批判头脑的科学家们，把这些本身并非有害的普遍原则变成了教条主义的和易使人误解的生物发生律。海克尔 E. H. Haeckel 1834 - 1919 总结了这个"规律"，并把它简略成一句名言："个体发生重演系统发生"。这句话虽能吸引人，但却不够确切。十九世纪七十年代的胚胎学成了狂热的进化论者的俘虏。这些狂热的人们把个体发育和物种进化混淆起来。某些人坚定地相信，在发育过

图 8－6　贝尔　引自 W. Bullock《细菌学史》

程中，一个高等动物经历了和低等动物完全相同的阶段。因此，其发育经过了卵、蠕虫、鱼、两栖类等阶段，一直发育下去，直到不断完善的胎儿。如赫胥黎所说："在子宫里，我们经历了系统发生的各个阶段。"生物发生律提供了一幅有说服力的概图，然而，这幅图却是表面的，严格地说，不够正确。贝尔本人就从来没有接受过这样一种解释。达尔文懂得生物发生律对他的进化论的价值。他把胚胎学这个领域称做"是自

然史范围内最重要的学科”。然而达尔文只在“生物的相互亲缘关系”一章中，用很少的一些篇幅讲到了胚胎学。达尔文在《起源》的早期版本中，引用了贝尔关于胚胎发育相似性的论述，但却错误地把它归功于阿加西斯 L. Agassiz 1807－1873，从而给关于什么才是贝尔的真正论述和他确切做过什么工作的讨论增加了混乱。具有讽刺意味的是当其他的一些科学家在海克尔、赫胥黎、达尔文的吸引下，努力试图使个体发育过程的事实符合他们的种系进化概念[15]时，贝尔和阿加西斯却拒绝接受达尔文的进化论假说。

贝尔的工作为胚胎学的进一步研究以及比较方法的使用提供了范例。他不仅揭示了胚胎学的发展是多么错综复杂而又多么引人入胜，而且也指出了如何去研究的途径。胚胎学研究的第二阶段称为实验胚胎学。初一看时，它似乎与十九世纪描述性阶段的胚胎学很不相同，然而，胚胎发育中变化的魅力表明，各种的胚胎学研究都是一脉相承的。

为了理解关于生物发生问题研究的第二阶段，有必要研究一下十九世纪生物学另一个伟大的、作为综合性概括科目——细胞学说的成熟过程见第九章。我们可以这样说：胚胎学的进步，是跟着科学家们所能得到分辨水平的提高而进展的，他们从这些不同水平上能看到的对象中得出各自的结论。首先是在整体水平上研究胚胎学，然后出现胚层的概念。在紧接着研究单个细胞以后，科学家又去探索细胞的各种组成成分，尤其是核、核仁和染色体。今天这个进程随着科学家们对细胞核和细胞质大分子的研究而进入到分子水平。

现在让我们来看看十九世纪后期的一些科学工作者，他们应用细胞学说，在探讨胚胎发育这个古老问题的进展中，得到的好处。此外，从生物化学的研究中所得到的启示，又激发了他们的想像力。

五　实验胚胎学

鲁 Wilhelm Roux 1850 - 1924

毫无疑问，早期实验胚胎学的领袖们是鲁、杜里舒 H. Driesch 和威尔逊 E. B. Wilson。他们每个人都试图回答这样一个问题：作用于整个卵或卵的一部分的内因或外因是怎样控制胚胎或胚胎某个部分发育的。鲁像他的老师海克尔一样，也是个狂热的进化论者。他相信，研究胚胎的发育，不能仅仅运用描述和比较的方法，还要进行一种新的实验性的探索。他把自己看成是研究“发育机制”的，或“原因分析胚胎学”的创始人。在十九世纪，庆祝一门新学科创立的最好办法是办一份杂志，这次他们办的杂志是《有机体发育机制研究资料汇编》。鲁激励他的同行们说：“描述性的工作已经足够了，为进一步获得关于发育过程的知识，现在是采取新步骤的时候了。”鲁的实验方案要求把发育过程转为尽管复杂但却较为简单的机能过程。这些机能过程又应该进一步还原到它们的组成成分上。因此，最后这真正简单的过程也许可以用物理化学的术语来阐明。[6] 鲁不是一个谦虚的人，他预言几个世纪以后的学生会像他读笛卡儿的著作那样，怀着强烈的兴趣来读他的书。

鲁的著作有助于解决古代预成论与渐成论之间的争论。他把发育定义成“可感觉到的多样性的产物”。这里包括两部分：第一部分可称做新渐成论，这是指多样性的真正增加；第二部分可称做新预成论，是指觉察不到的多样性的变化。他认为这两种分化的机制在理论上都是可能的，而到底哪个正确则要靠实验来判定。自我分化包括各个部分相互独

立的或"镶嵌式"的发展，而相互联系的依赖性分化则需要细胞或细胞群之间的相互作用。鲁实际上比较赞成镶嵌式模型，因为他倾向于把受精卵想像成一部复杂的"机器"，而把发育设想成把机器的部件分配到相应的子细胞中去的过程。

特定的环境条件，包括引力、光线、地磁和电力的变化，一般都可允许正常的发育。这被鲁解释为自我分化的证据。很明显，某些极端的条件确实在大体上影响着胚胎的发育，但鲁却认为没有证据可以证明这些因素决定了卵的哪一部分产生眼睛，哪一部分生成神经沟或其它任何特殊的部分。

207 鲁相信，在发育过程中，卵的外部因素可以忽略不计。因此他着手研究卵内具有形成作用的因素。这里首要的问题是：到底是卵内所有的部分都必须共同作用才能形成正常的发育呢，还是各个分开的部分都可以独立地发育？为了解决这个问题，他做了一个实验。他拿了一个正处于两个细胞阶段的蛙的分裂球，把其中一个细胞用烧灼的针毁坏，另一个未损害的细胞则发育成了半个胚胎。这个实验使鲁受到鼓舞，他更坚信，每一个细胞都可以独立于邻近的细胞而正常发育，而整个胚胎的发育则是各个部分分别发育的总和。然而，当鲁继续深信他的"镶嵌式"发育学说时，由他所促成的实验工作却很快地摧毁了他过分简单化的学说，并为出现更富于生气的观念提供了机会。

其他的科学家们用不同动物在不同情况下，重复了鲁的著名实验，但却得出了截然相反的结果。1891 年，赫特维希 O. Hertwig 应用处于几个细胞时期的海胆做实验，把它的几个细胞个别分开，这些细胞都存活了，并且都发育成完整的动物。这样，鲁的"镶嵌式"发育理论就站不住脚了。

杜里舒 Hans Adolf Eduard Driesch 1867 – 1941

杜里舒是追随鲁的方案首先从事实验胚胎学的研究者之一。他证明了，胚胎发育和鲁的理论正好相反，它明显不是镶嵌式的。对杜里舒来说，胚胎是一个协调的、各部分潜力相等的系统，它的发育与渐成论的观点相符。由于杜里舒和鲁在哲学观点上以及技术才能上有很大的不同，因此注意一下他们两人多么相似的经历是很有趣的：他们都是海克尔的学生。杜里舒的兴趣很广泛，包括数学、物理学和哲学。他生性好动，曾经广游各地，还在美国和远东作过哲学和科学的演讲。甚至当他攻读博士学位时，他就对他导师的教训有些疑问。事实上他的工作不仅向海克尔和鲁，也向著名的魏斯曼提出了直接的挑战。最后杜里舒和海克尔的关系恶化到如此地步，以致于海克尔向他这个以前的学生——杜里舒建议要他停止一段时间的工作，去精神病医院疗养。虽然他并没有接受海克尔的建议，但他终于放弃了生物学而去研究哲学。

在实验条件中的某些重要区别，导致修改鲁的武断推论，鲁的推论是从部分受了毁坏但没分开的蛙卵发育中得出的。首先，杜里舒用棘皮动物的卵代替了两栖类蛙的卵。其次，在把卵分开时，他用了不同于鲁的方法。1892 年，他发现 208
处于两细胞阶段的海胆卵，只要经过摇动就可以分成两个单独的细胞。这两个分开的细胞分别逐步形成了囊胚，再长成原肠胚，一直发育到长腕幼虫阶段。它们的外形都是正常的，但体积上只有正常大小的一半。后来，杜里舒改进了技术，从而把他实验对象的范围扩展到卵的四细胞期、八细胞期甚至更后的阶段。他还通过震动的方法，改变了海胆胚胎细胞间正常的联系，而这些改变了彼此关系的胚胎细胞却仍能正常地发育成长腕幼虫。这就表明了内胚层和外胚层是可以相互转变的。作为优秀实验的一个特征，就是它可以很快使人联想到许多新的问题。从这个实验中，杜里舒感到他已回答了

关于两个第一次的分裂球的"潜力"这个至关重要的问题。最早的两个核中，并非各自都包含着整个受精卵决定因子的一半，而是每个核都包含着充分发育所必需的全部信息。

很明显鲁关于镶嵌式发育的论说是错误的。但是杜里舒并不因为推翻了一个很好的假设而感到特别高兴。他写道："这是一个使人特别兴奋的结果，它几乎是无可争议的。但是它看来似乎是在一条已经开通的道路上的一个倒退。"不过他又安慰自己：尽管这在理论概念上看似乎是退步，但它仍应视为进步，因为"确定事实……没有不构成进步的"。[17]

杜里舒的结论认为，由于一个新的有机体可从胚胎的一个部分再生出来，因此不能把胚胎看做是一架复杂的机器，因为机器的一部分是不能再生出整部完整的机器的，而且机器的一部分必然比原先的完整机器更为简单。于是他把发育中的卵看成是相互协调的、具有同样潜在能力的系统。这点暗示了胚胎所有部分的一致性。发育过程是相互协调的，因为尽管每个单独部分都可以独立地形成一个新的个体，但在正常情况下整个胚胎是由各个部分共同发育而形成一个正常个体的。杜里舒和鲁相反，他强调了胚胎早期发育的渐成论本质。他比较了在各种条件下，对胚胎上各个部分即通常实际形成的部分设想的重要性及其可预期的潜力即它可能会形成的部分。实验证明，细胞预期的潜在能力比所设想的重要性要大得多。因此，一个特定细胞的命运，就是它在整个胚胎中相对位置的"函数"。这函数应从数学意义上来理解，"就像是在解析几何的坐标系统里一样"。[18]

虽然有很多机会可利用更多的实验来使他更清楚地回答这个问题，但他却没有利用这些机会去寻找答案。最后，他被迫放弃了梦寐以求的希望，即发现关于发育机制的机械论的解释。他实在无法想像，当一部机器分成两半时，它还会长

成同原来一模一样的两部。当唯有生机论可以回答他的问题时，杜里舒就转向亚里士多德寻求鼓舞、求助于那个古老的生命的原理——内部的完善原理。在任何紧要关头，只要这个原理一出现，任何疑难问题便立刻迎刃而解了。

实验胚胎学的进展

在鲁、杜里舒及其他实验胚胎学先驱者的工作解决了古代的争论后，更多的现代的假设被提了出来。其中最有意义的也许是斯佩曼 H. Spemann 和蔡尔德 C. M. Child 之间的争论。蔡尔德和他的学派给发育构思出一个数量模式，称为"轴梯度"。而斯佩曼和他的合作者们则提出了"组织者概念"，这个组织者概念适用于脊椎动物胚胎发育中较为特定的阶段，并定性地解释了局部区域的差异。

斯佩曼 Hans Spemann 1869 - 1941

斯佩曼发现的"组织者"和他关于"诱导"的概念，在许多方面代表了由鲁、杜里舒和威尔逊发动的向实验胚胎学冲击的最高潮。他想把进行胚胎学实验时的注意力集中到某一点上，并试图发现在分化过程中，某个特定的结构在其发育方向上被不可逆转地决定时的精确时刻。他的工作是要使"决定"的思想在相当的一段时间中主宰着生物发育的研究工作。对斯佩曼来说，胚胎发育是"发育生理学"研究的对象，只能由科学家按照"严格的因果律"[19]，像对待一切自然现象那样来予以研究。他在实验胚胎学的工作中，系统地采用了两种特殊的方法，即隔离法和移植法。

毫无疑问，斯佩曼是显微解剖术的大师。在几乎四分之一的世纪中，他在蝾螈卵的发育上进行了一系列的实验，最后终于发现了"组织者"的作用。在结扎切割实验中，他用亚麻色的婴儿头发把处于两细胞期的分裂球在第一分裂沟处分开。实验结果使斯佩曼相信，即使在两细胞时期，胚胎背部

的一半与腹部的一半在性质上也是不同的。背部一半能够形成一个胚胎，而腹部的一半则缺乏正常发育所必需的某种性质。在进一步的研究中，他把一个胚胎的某个特定部分移植到另一个胚胎的某个特定部位。他用的是不同种类动物的胚胎，这样不同的颜色就能显示出被移入部分在发育过程中的变化情况。斯佩曼注意到移植到宿主胚胎上的背唇，趋向于形成一个新的胚胎。然而下列问题仍然没有解决，即：发育到底是取决于自我分化还是取决于诱导？还是二者都有作用？

斯佩曼的学生曼戈尔德 H. Mangold 的实验使这个问题得到最后的回答有了可能。他把一个物种胚胎的背唇移植到另一个物种的胚胎宿主上，这两种胚胎细胞所含的深色色素量不同，所以深浅有差异。这个决定性的实验，表明了移入的
210 背唇部分和宿主的胚胎都参与了形成第二胚胎的过程。这些实验对生物发育的研究具有深远的影响，使得斯佩曼获得了1935年生理学医学的诺贝尔奖金。斯佩曼的工作表明，发育过程中的一个步骤是下一个步骤的必要条件，并且导致产生原先没有的部分。这就给了古老的渐成论学说以一种新的而更有意义的解释。

在斯佩曼戏剧性实验以后的“诱导”理论的“黄金时代”里，有段时间对于发现既有组织能力又有诱导能力的某种“奇异分子”抱有希望。由于没有发现这类分子，这个想法在很大程度上便失去了它的吸引力。人们对“组织者”的兴趣逐渐地消失了。但是“组织者”理论对促进使用化学方法来研究胚胎学还是大有帮助的。随着发育理论、遗传学和分子生物学的进一步发展，人们逐渐明白了发育是按照在遗传物质里以某种方法制定好的指命而进行的。然而以密码形式存在于核酸中的指命，怎样最终使得一个细胞或某些细胞群正好在特定的时间和位置发生分化，这里面一系列的情况仍然模糊

不清。事实上，许多基因理论和胚胎学的先驱者把这两个领域看做是相互独立和截然不同的，而不是把它们看做为同一问题的两个方面。威尔逊所做的工作促进了现代细胞遗传学的研究。在《细胞的遗传和发育》这篇专题论文中他曾打算详细地阐述胚胎学、遗传学和细胞学三者资料之间的联系。

从分子水平上解释问题，遗传学比胚胎学更为成功。利用微生物进行工作的效果是如此地惊人，以致分子遗传学家们把精力过分集中到对微生物的研究上。在这一研究中遇到了和胚胎发育截然相反的问题。不论环境条件怎样变化，细菌必须保持它们的同一性。而胚胎则不同，它必须把带着相同遗传信息的细胞转化为结合紧密、彼此协调，既表示遗传共性又表示特异个性的细胞群。

要叙述胚胎学在本世纪的进展，需要专门写一本书。目前，在分子水平上研究发育和分化问题代替了旧的关于生物发生问题的讨论。然而，研究的基本核心，仍然是动态的过程在时间和空间上奇妙的相互协同作用。细胞，作为最初引起兴趣的研究课题，已被大分子、核酸、阻遏物、诱导物、细胞器和膜所取代，但细胞仍然是结构和功能的自然单位，是世代之间的联系环节，是卵赖以发育成胚胎和成体的单位。为了让大家知道生物学家是怎样得到这一认识的，我们将在下一章中概述细胞学说的历史。

注　释：

1. E. Gaskings(1967). *Investigations into Generation 1651s – 1828*. Baltimore: Johns Hopkins Press, p. 7.
2. H. B. Adelmann(1942). *The Embryological Treatie of Hieronymus Fabricius of Aquapendente*. Ithaca: Cornell University Press, p. 37.
3. Adelmann, p. 64.
4. Adelmann, p. 221.

5. W. Harvey(1965). *The Works of William Harvey, M. D.* Translated and with "A Life of the Author" by Robert Willis, Sydenham Society, London, 1847. New York: Johnson Reprint Corp., p. 116 – 167.
6. J. Needham(1934). *A History of Embryology*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 48.
7 Needham, p. 191.
8. E. Rádl(1930). *The History of Biological Theories*. Translated by E. J. Hatfield. Oxford: Oxford University Press, p. 263.
9 I. Sandler(1973). The Re – examination of Spallanzani's Interpretation of the Role of the Spermatic Animalcules in Fertilization. *Journal of the History of Biology* 6: 193 – 223, p. 195 – 196.
10. F. N. L. Poynter(1968). Hunter, Spallanzani, and the History of Artificial Insemination, in L. C. Stevenson and R. P. Multhauf, eds., *Medicine, Science, and Culture*. Baltimore: Johns Hopkins Press, pp. 97 – 113(pp. 99 – 100).
11. Sandler, pp. 214 – 215.
12. Sandler, pp. 221 – 222.
13. Gaskings, p. 97.
14. J. Oppenheimer(1967). *Essays in the History of Embryology*. Cambridge: MIT Press, p. 133.
15. Oppenheimer, "Embryos and Evolution" and "An Embryological Enigma in the *Origin of Species*."
16. Oppenheimer, pp. 66 – 72; B. H. Willier and J. Oppenheimer, eds. (1974). *Foundations of Experimental Embryology*. New York: Hafner, pp. 3 – 37.
17. Willier and Oppenheimer, pp. 48 – 49.
18. Oppenheimer, p. 74.
19. H. Spemann(1938). *Embryonic Development and Induction*. New Haven: Yale University Press, p. 4.

参考文献:

Adelmann, H. B. (1966). *Marcello Malpighi and the Evolution of Embryology*. 5 vols. Ithaca: Cornell University Press.

Adelmann, H. B. (1942). *The Embryological Treatises of Hieronymus Fabricius of Aquapendente*. Ithaca: Cornell University Press.

Aristotle. *De Generatione Animalium*. Translated by A. L. Peck (1943). London: W. Heinemann.

Aristotle. *Historia Ammalium*. Translated by A. L. Peck (1965). Cambridge Harvard University Press.

Aromatari, J. of. (1694). *Epistola de Generatione Plantarum es Seminibus*. (1625). Translated in *Philosophical Transactions*. Vol. XV 1 1 l. London: Royal Society of London.

Balinsky, B. I. (1953). *An Introduction to Embryology*. Johannesburg: Saunders.

Bowler, P. J. (1973). Bonnet and Buffon: Theories of Generation and the Problem of Species. *Journal of the History of Biology 63*: 259 – 281.

Bulloch, W. (1938). *History of Bacteriology*. London: Oxford University Press.

Burton, J. (1973). Virgin Birth in Vertegrates. *New Scientist 59*: 334 – 335.

Castellani, C. (1973). Spermatozoan Biology from Leeuwenhoek to Spallanzam. *Journal of the History of Biology 6* 37 – 68.

Cole, F. J. (1944). *History of Comparative Anatomy, from Aristotle to the Eighteenth Century*. London : MacMillan.

Cole, F. J. (1930). *Early Theories of Sexual Generation*. Oxford Claiendon.

Driesch, H. (1908). *Science and Philosophy of the Organism*. london Black.

Foster, M. (1901). *Lectures on the History of Physiology during the Sixteenth, Seventeenth and Eighteenth Centuries*.

Cambridge: Cambridge University Press.

Franklin, K. J. (1933). *De Venarum Ostiolis 1603, of Hieronymus Fabricus, of Aquapendenu (1632 – 1619)*. Springfield, Ill: Thomas.

Gaskings, E. (1967). *Imesfigations into Generation 1651 – 1828*. Baltimore: Johns Hopkins Press.

Goldschmidt, R. R. (1956). *Portraits from Memory*. Seattle: University of Washington Press.

Harvey, W. (1965). *The Works of William Harvey, M. D.* Translated with *A Life of the Author* by Robert Willis, Syndenham Society. London 1847 New York: Johnson Reprint.

Keele, K. D. (1965). *Wilham Harvey The Man the Physician and the Scientist*. London: Nelson.

Keyues, G. (1966). *The Life of William Harvey*. Oxford Clarendon.

Lillie, F. R. (1916). The History of the Fertilization Problem. *Science 43*: 39 – 53.

Meyer. A. W. (1936) . *An Analysis of William Harvey' s Generation of Animals*. Stanford: Stanford University Press.

Meyer. A. W. (1939). *The Rise of Embryology* . Stanford : Stanford Universty Press.

Needham, J.. ed. (1970) . *The Chemistry of Life*. Cambridge Cambridge University Press.

Oppenheimer, J. (1967) . *Essays in the History of Embryology and Biology*. Cambridge: MIT Press.

Power, D' A. (1897). *William Harvey*. New York: Longmans, Green.

Poynter, F. N. L. (1968). Hunter, Spallanzani, and toe History of Artificial Insemination. In *Medicine, Science and Culture*. Edited by Lloyd G. Stevenson and Robert P. Multhauf, Baltimore: Johns Hopkins University Press.

Punnett, R. C. (1928). Ovists vs. Animalculists. *American Naturalist 62*: 481 – 507.

Rádl, E. (1930) . *The History of Biological Theories*. Translated by E. J. Hatfield. London: Oxford University Press.

Sandler, I. (1973). The Re – examination of Spallanzani' s Interpretation of the Role of the Spermatic Animalcules in Fertilization. *Journal of the History of Biology 6*: 193 – 223.

Singer, C. (1925). *The Evolution of Anatomy*. London. K. Paul, Trench, Trubner.

Spallanzani, L. (1789) . *Tracts on the Natural History of Animals and Vegetables*. Translated by John Graham Dolzell (1803). Edinburgh: Creech and Constable.

Spemann, H. (1938) . *Embryonic Development and Induction*. New Haven: Yale University Press.

Stevenson, L. G. (1953) . *Noble Prizewinners in Medicine and Physiology, 1901 – 50*. New York: Schuman.

Tortonese, E. (1948) . Lazzaro Spallanzani Founder of Experimental Physiology. *Endeavor 8*: 92 – 96.

Willier, B. H., and Oppenheimer, J. M., eds. (1964) . *Foundations of Experimental Embryology*. Englewood Cliffs, N. J. : Prentice – Hall.

Wilson, E. B. (1925). *The Cell in Development and Heredity*. New York: MacMillan.

第九章　细胞学说

214

一　机体的构成单元

人们总认为正式提出细胞学说的离不了施莱登 M. J. Schleiden 和施旺 T. Schwamnn。但是，我们即将看到，细胞学说的建立实际上是许多科学家共同努力的结果。细胞学说——这个十九世纪的学说，与进化理论以及疾病的病菌说 germ theory 不同，是随着日趋复杂的显微镜观察所积累的数据而逐渐发展起来的，它不断受到相当有力的观察资料的支持而得以成长。除了少数影响不大的反对意见外，这一学说迅速得到了承认。显然，一旦能清楚明确地把它阐述出来，科学家们即可根据细胞和细胞的产物来认识机体的构造，而并不需要来一场"革命"。

细胞学说是现代生物学的一个基础部分。它既是机体结构、遗传机制、受精、发育与分化、简单有机体与复杂有机体

的统一以及进化学说等概念的前提，又包含在这些概念之内。细胞是生命基本单位的说法，在统一对生命的研究上，提供了一个强有力的、普遍适用的概括。这一概括，并不是不言而喻的，因为在未经训练者看来，并非所有细胞的性状都相同。施莱登和施旺是这一领域的开创者，他们超乎寻常的洞察力便是认识到生命形态的共有基础——细胞。最早提出细胞学说的某些方面虽然已被证明是错误的，然而细胞作为生命、结构、功能、繁殖、生长和分化的基本单位的概念，从本质上说，仍然站得住脚。

细胞学说往往被描述为显微镜发展的直接产物，但也可看做为是解剖学长期发展的结果。“有机体是什么?”细胞学说便是这个古老问题的答案之一。古老的解剖学家们曾经对
215 人体的组成进行了种种推测，这些推测甚至超越了可见的结构而达到那些仅能用心灵的眼睛才能感知的细微组分，诸如亚历山大时期的解剖学家埃拉西斯特拉塔提出的血管的三级系统，以及亚里士多德和盖仑提出的类似物、非类似物和纤维等概念。可以认为，现代解剖学的新纪元是从维萨里开始的。他的巨著题名为《人体的结构》，该书表达了他所观察到的人体有机结构。十八世纪的许多解剖学家把注意力集中在器官及器官系统的结构和功能上，对其他一些研究者来说，不同水平的分辨率也是颇有价值的。

法国大解剖学家比夏 M. F. X. Bichat 精心阐述的组织学说，是使机体构造研究系统化的一种尝试。尽管他的这一想法没有实现，为后来细胞学说的发展所取代，但他的学说却起了一种过渡性理论的重要作用，使“组织”一词不再用来指过去那些模糊而又互不连贯的概念。

比夏 Marie Francois Xavier Bichat 1771 - 1802 和组织学说

不知疲倦的比夏大部分时间是在天主医院的解剖室中

度过的，他以不屈不挠的精神从事着解剖学的工作。他是一个杰出的工作者，在一年中，至少要解剖六百具尸体。这种生活方式显然有损于他的健康与寿命。1802 年，在比夏三十一岁的时候，由于得了一种“热病”fever，可能是肺结核，留下了他未完成的工作而去世了。

在比夏从事研究工作时期，法国医生们正致力于使医学与其它科学一样，成为适合于应用哲学“分析”方法的科学。这就要把对一般与复杂现象的大量观察改变为确切而清楚的范畴。皮内尔 P. Pinel 1755 - 1826 试图超越当时仍颇有影响的体液病理学理论，他主张理解疾病必须追究到器官的损伤，这才是疾病的根源。器官是由不同的成分组成的，因此研究工作必须直接揭示这些组成成分。在健康的或有病机体中都表现出类似特性的器官必然具有某些共同的结构组成成分和功能组成成分，或者二者居一。

由于未能在器官的层次上找出这种相似性，比夏设想可能在更深一步的层次上，即分辨率更高的层次上存在着某种相似性。他开始从各个器官来了解整个有机体，而这些器官又能被分解和分析成组成它们的“原始结构”即组织来研究机体。“Tissue”组织这个词，原指一种很特别而价格很高的纺织品，比夏把它用来称呼他那些有机的结构组分。比夏假定，组织是机体基本的结构成分和功能成分。他把有机体分解成二十一种组织神经、脉管、粘液、浆液、结缔、纤维等等，然后又把它们重新集合起来组成器官，再由器官形成更复杂的系统呼吸、神经、消化。组织的功能则按“应激性”、“感受性”和“交感活动”即患病和健康时器官相互作用的效应等三项予以说明。

比夏的目的不是单纯在于发展描述性解剖学的知识，而是要提供一种用以描述病理变化的科学语言。通过对疾病确切部位的了解，就有可能提出较好的治疗方案和对此类治疗

方案的功效做出估价的方法。

比夏的研究成果也有个反作用，即便是使某些科学家和医生把组织理解成为机体的终极可分层次。特别是在保守的法国医生中，甚至细胞学说在动物和植物方面都已打下了基础以后，仍然认为组织是结构和功能的基本单位。其原因，一方面是出于比夏的名望，一方面也由于当时学者们看不起各种用显微镜所做的观察工作。人们斥责显微镜，因为比夏曾说过："当人们在镜筒的黑暗中注视时，每个人看到了以他自己的方法所看到的东西，自然，观察结果也就受到影响了。"[1]

二　细胞学说的起源

显微镜和细胞观察

从十七世纪开始用显微镜进行研究以来，就曾有过关于观察到细胞的报道。但这种研究因"镜面图像与理智上的构思都不完善"[2]而阻滞不前，科学家也就不能把他们对精子或血球所做的观察结合起来，形成一个全面的理论。

1665 年，在胡克的《显微图谱》一书中，出现了"细胞"这个词和细胞结构的图解。胡克在显微镜中研究了软木片的切面，发现他"能非常清楚地看到软木片充满了气孔，是一个多孔的结构，形如蜂房……"软木片中除了围绕气孔的四壁或者说除了形同小盒的"细胞"之外，几乎什么物质都没有。[3]胡克所画的刺荨蔴叶叶腹面的显微图谱也同样清楚地显示了细胞壁的轮廓。格鲁把植物结构的研究推进了一步。他发表了一百多份植物的显微镜描绘图谱。这两位都使用皇家学会的复合显微镜，它的放大倍数约为三十倍。格鲁把他在植物中看到的结构称为"细胞"或"泡囊"。植物新生部位的细胞"多汁"，壁薄，细胞与细胞互相紧贴。格鲁把这些新嫩部分称

为"柔软组织"。parenchymatous，它来自希腊语，埃拉西斯特拉塔也曾采用过这个术语。格鲁开始认为"柔软组织"可能是一种结晶态，而后他又发现其结构一定要更复杂些。这种"柔软组织"是"一种极为巧妙地组合起来的结构"，颇像"啤酒泡沫"[4]。马 217
尔比基同样地发现了植物是由一些由壁包围的较小的结构，或称"椭圆囊" utriculi 所组成。与此同时，列文虎克也用很高的放大倍数对鞭毛虫、细菌、精子和血球做了更精细的观察。在十八世纪，几乎还没有一个显微镜工作者可与上一世纪他们的先驱者媲美。虽有许多富有的业余工作者争相从事这方面的工作，但大都只是为了制成更新型的仪器而已，很少注意到所观察的对象。

正如我们所知第七章，在十九世纪初期，人们已经开始使用较好的仪器了，色差与球面差的问题也正在解决之中。十九世纪三十年代，一些主要的生物学研究中心都已能利用改进了的显微镜，因而大量地获得了自十七世纪以来未曾有过的一系列新发现。植物解剖学是第一个复兴的领域，可是并不要求很高放大倍数显微镜的胚胎学也得到了发展。由此可见，并非所有的发现都必须依赖于显微镜的改进。对复合显微镜的缺点较为了解的布朗 R. Brown 1773－1858 使用了一种放大倍数约为三百倍的简单显微镜。他用这种显微镜研究布朗运动小颗粒随机热运动，并且在显花植物细胞中发现了细胞核。

在改进显微镜和样品制备技术的热潮之前，细胞学说就已被阐述清楚了并已被接受。对放大的图像能否正确解释，与复合显微镜的光学性能密切相关。1840 年前由于未校正的透镜和小尺寸的镜径，高度的色差和球面差在显微镜中是常见的事。显微镜的光孔很小，以致只有位于中央的光线才能形成图像，但它不能有效地减少色差和球面差，却在很大

程度上减少了透光量。虽然经常可以用高放大倍数 x 500 的显微镜，但其图像模糊不清，而人为的视觉膦象，如衍射量等则是常见现象。那些想像力丰富的显微镜工作者可能会发现这种人工膦像和他们正进行研究的物体同样离奇有趣。

十九世纪初期，人们就对生物物质结构的“小球”学说进行了激烈的争论。这些争论可能通常是由对人工膦象的研究引起的。某些研究者可能确实看到了细胞，但在另外一些情况下，“小球”往往只是一些光学干涉所形成的光环。米纳－爱德华兹 Milne－Edwards 的小球是关于小球说的最后一批报告之一 1823，他发现的小球就属于这种假象。他宣称机体的每个器官都是由许多小球组成的，小球的直径几乎都在 1/300mm 左右。用较完善的透镜系统进行的组织学研究未发现任何米纳－爱德华兹小球的痕迹。

即使是在十九世纪的前二十五年，妨碍理解细胞本质的主要障碍还是对胡克和格鲁的传统观念过分重视。那些十七世纪的显微镜工作者虽然考查了软木片中的空室，也考察了植物组织的“汁液”，但是“细胞”这个词的涵义和寓意仍意味着外壁包围着中空的空间，像监狱的囚房一样。植物中确实存在着包围某些液体的壁，但是动物中似乎没有与其相应的结构。列文虎克、马尔比基和施旺麦丹在血液中发现的小体与植物细胞显然不同。某些术语，诸如“细胞组织”、“小球”等的滥用进一步加深了有关知识的混乱。〔“细胞组织”后被重新命名为“网状结缔组织”areolar connective tissue。〕

十九世纪三十年代，随着观察资料的积累，开始呈现一种连贯而有意义的局面，情况和过去显然不同了。此时，人们已经能在植物细胞和动物发育的早期阶段识别出细胞核来了。动物组织中也看到了细胞，而对细胞内“汁液”的本质，则

以其新的名称——原生质 protoplasm 在进行着研究。细胞学说的基础就是在这期间建立起来的。当然，关于新细胞形成方式上的错误概念，则直到威尔赫 R. Virchow(原译及其它版本为微耳和)的工作后才得到了纠正。这个领域中的伟人们，不仅善于进行研究，同样也善于解释和综合那些不会作综合的科学家的非系统的工作。正如看到岩石对于地质科学的意义一样，观察到细胞毕竟是对细胞学的有力支持。

动物细胞的类型要比植物细胞更不均一，因此很长时间以来对这个问题一直未能建立起统一的概念。每一种不同形式的细胞和细胞核都被分别给以不同的名称。例如，普金叶 Purkinje 把母鸡卵巢中的卵内巨大的细胞核称为“胚泡”germinal vesicle。在相当长的一段时间内，对于“鸟类的卵是一个单个的细胞，以及‘胚泡’就是这个细胞的细胞核”这一概念的认识一直存在着阻力。那时，皮肤细胞是一种普遍的研究对象，因为它们的结构和生长方式与植物细胞相类似。一般认为，动物组织的生长直接与血管活动有关，植物则完全不同，它的每部分都独立生长。所以上皮细胞“植物状”生长的观点在当时是一个有影响的设想，而现在看来毫无意义而且离奇可笑。

还有如米尔贝尔 C. Mirbel、奥肯 L. Oken、普金叶以及弥勒 J. Miller 等人，虽然不如施莱登和施旺那样有名望，但他们对细胞学说的发展确实做了很有价值的工作。

米尔贝尔 Charles Brisseau – Mirbel 1776 – 1854 219

米尔贝尔是一位杰出的法国植物学家。他把显微镜的观察和对植物结构基本特点的推测结合在一起。他相信植物的每个部分都存在着细胞，并试图把这个概念的起源归之于恩培多克勒的某些想法。他提出细胞是在一种原始液体中形成的，并将在这种液体中所形成的细胞和组织比作发酵液体泡

沫中的膜网络。遗憾的是，当时动物学家和植物学家之间很少互相了解。施莱登较为著名的著作在概念上与米尔贝尔的相似，然而由于是观察所得，因而基础比较扎实。米尔贝尔和施莱登对细胞自液体"重新"合成的错误概念都负有责任。施莱登在对其他先辈们大加嘲讽的同时，却对米尔贝尔的工作作了"非常杰出"的评价。

奥肯 Loronz Oken 1779 – 1851

歌德 Johann Wolfgang von Goethe 1749 – 1832

奥肯提出了早期的细胞学说。他是一位德国博物学家，受最激进的"自然哲学"派的影响很大。然而，他在未陷入空想的时候，却是一个多产的、富于创造的科学家。当他隐居于一个遥远的北海岛上时，就像许多世纪前的亚里士多德一样，他又沉迷于海洋动物的研究。在此期间奥肯产生了关于动物生命的结构和演化的思想。他与从前的朋友和同伴歌德——一个诗人一起，激励了许多年轻的科学家去研究生命体的"原型"，即可反映出大自然基本计划的一般形式，借此来理解所有生命有机体的关键和普遍模式。

奥肯把显微镜观察与纯形而上学的推测相结合，他假定存在一种原始的、未分化的粘液状液体——"原液" urschleim。在这种胶状物中产生球状小泡，并形成"纤毛虫"，即最简单的生命体。在《浮士德》一书中，歌德运用此概念描述了所有生物起源的"原始海洋胶状物"。奥肯认为，复杂有机体实际上是纤毛虫这类简单生命体的聚合体，因此，"所有具有血肉的生物体都可分解成为纤毛虫"。每个动物或植物都是纤毛虫的一个"群体"，它们放弃了自己的独立性而将其生命从属于作为一个整体的有机体。[5]

奥肯关于复杂有机体结构的概念，显然是缺乏严格实验依据的。可是，他也许唤起过头脑更为清醒的科学家对此作

些必要的研究。

普金叶 Johannes Evangelista Purkinje 1787 – 1869 220

普金叶不仅在组织学方面，而且和生理学的许多领域都有关系，他在教学上和在研究方法上都富于革新精神。由于他所在大学的行政当局思想保守，不愿满足他用房和设备的要求。因此他的许多研究工作是在家庭实验室内进行的。这个实验室被称为“组织学的摇篮”。普金叶先是在布雷斯劳 Breslau 大学创立了组织学研究所，后又在布拉格大学继续工作。在研究中他和他的学生们取得了重要的发现和技术上的改进。1832 年，普金叶说服布雷斯劳大学当局购买了一台新的消色差的显微镜。三年后他和他的学生瓦伦丁 G. G. Valentin 1810 – 1883 描述了纤毛运动以及各种动物的上皮组织。普金叶发明了一种刀，它是切片机的前身，可以对骨骼和牙齿进行切片；他还建立了香柏油封片的制片法，并采用达盖尔 L. J. M. Daguerre1789 – 1851 的方法制成了第一张显微照片。为了阐述心脏阀门的运动，普金叶还设计了转鼓 kinesiscope——一种在转动的鼓上记录曲线和图像的仪器。

施莱登在植物组织方面尽管已阐明了细胞这个概念，而普金叶似乎在施旺之前就对细胞学说的某些方面有所认识。人们通常忽略了普金叶和瓦伦丁在施旺之前对动物组织所作观察的重要性。事实上普金叶对细胞学说在某些方面的理解要比施莱登和施旺更为得当。到 1837 年普金叶把机体描述为是由几部分所组成的，即汁液包括血液、浆液和淋巴，松散联接的纤维腱以及“颗粒”，也即动物细胞。根据他对某些特定细胞的描述，似乎他也已观察到了细胞核。在 1837 年和 1838 年之间他发表了有关细胞学说的最著名的观察结果。他描述了神经细胞、神经细胞的细胞核和树突、有髓鞘神经纤维以及命名为普金叶细胞的小脑皮层的烧瓶形大细胞。

普金叶对“原生质”这一概念的确立也起了一定的促进作用。看来在1839年最早把“原生质”一词用于科学意义的人就是他。其他科学家认识到新型显微镜是研究生物学的有力工具,这一点也应归功于他。

弥勒 Johannes Peter Müller 1801 – 1858

弥勒是一个伟大的生理学家和比较解剖学家,他完全不愧为现代科学医学的奠基人和许多著名学生的良师益友。他们包括亨利 J. Henle、雷马克、赫尔姆霍茨 H. von Helmholtz、微耳和以及施旺。如同许多与细胞学说的发展紧密相关的科学家一样,弥勒有着丰富曲折的生活经历和不甘宁静的精神境界。弥勒是个鞋匠的儿子,父亲希望他也做鞋工,认为儿子在生活中的应得位置是做鞋子,但弥勒一心要从事医学研究,而且也获得了杰出的成就。1833年,他担任解剖学和生理学的教授以及柏林大学比较解剖学博物馆的指导人。弥勒曾周游各地进行动物学研究,在一次采集活动中他差一点因
221 沉船事故而丧命。1848年革命爆发时,他是柏林大学的校长,负责控制学生和教职员之间的暴力活动学生们要求自由教育和停止考试。学生的反抗受到军队严厉镇压,由于持续的敌对和破坏活动,弥勒的身体和精神受到了严重损害。

弥勒有广泛的兴趣,在柏林大学任教人体和比较解剖学、胚胎学、生理学以及病理解剖学。在其短暂的生命中,他对每个领域都做出了独创性的贡献。当他逝世很可能由于劳累过度时,当局不得不指派三个人去接替他的工作。他受到普金叶工作的影响,成为最早在病理学研究中使用显微镜的人。1838年,他发表了关于恶性生长的显微结构的著作的第一部分,但这部著作他始终未能写完。他对组织学所做的贡献包括有对各种腺体和软骨、骨和结缔组织结构的研究。

三　细胞学说的正式确立

施莱登 Matthias Jacob Schleiden 1804 - 1881

在人才史上，像施莱登那样一个精神上和感情上的“跛子”，居然能够成为一位杰出的科学家，这实在是不可思议的。从各方面来看，他都是最稀奇古怪的科学名人之一。他原先在海德堡 Heideberg 攻读法律，而后又在汉堡从事法庭律师的工作。因为很不顺利而企图自杀。他曾用枪对准了自己的前额，但没有自杀成功。当这种自作自受的行动而造成的皮肤表层的伤口愈合后，他决定放弃法律，从事自然科学的研究。1831 年，他开始在哥廷根大学和柏林大学研究植物学和医学，并获得了医学和哲学博士的学位。他在耶拿大学任植物学教授多年。尽管他的科学声望很高，他在十二年以后，却辞去了耶拿大学的工作，开始在德国各地周游。他和贝尔一样，相信旅游对改善神经紧张状态有好处。这种爱好的形成，很可能是与宗教权威们辩论他的自然科学观点所导致的结果。从 1864 年开始，他以当家庭教师和江湖医生为生。在他试图自杀和脱离法律工作四十五年之后，他曾经去访问威斯巴登 Wiesbaden，庆祝他获得法学博士五十周年，这是他古怪行为的一个例子。他与施旺在柏林的历史性会见，则是他旅游生活中较为幸运的一件事。施莱登的特点是傲慢、暴躁、反复无常以及不愿用批评的角度去看待他自己的一些假说。这种性格有时使他陷入错误并顽固地坚持这些错误。不过，他能力过人，他用新颖的学说和革新了的技术推动了植物科学的复兴和改革。

施莱登猛烈抨击了林耐的信徒们的那些陈腐的系统植物学，他把植物学重新定义为是一种综合性的科学，其中包

括“研究植物界的规律和形态”。不幸的是，这种说法缺少事实，“缺少自然规律的佐证，缺少可能导出这种结论的基本原理和概念”。施莱登认为，只有植物化学和植物生理学才是真正有意义的。他认为单单只是把植物按系统排列的那些知识只不过是一种消遣玩艺儿或在浪费时间。植物学的对象，必须是“实际的存在，即自然体”，这种自然体可用各种可能的方法来进行研究，其中包括用显微镜来研究肉眼看不见的部分。[6]

1838 年，施莱登在弥勒的《解剖学和生理学文献》杂志上发表了他的“植物发生论”一文。其中他引用了布朗关于细胞核与细胞发育时二者间有着特殊相应关系的说法。布朗的这篇文章十分重要，但当时却被人们忽视了。施莱登把注意力集中在细胞核的结构上。不久，他就把细胞核认为是“植物中普遍存在的基本构造”，并把它命名为“cytoblast”①。施莱登认为，不论怎样复杂的植物体，都是“各具特色的、独立的、分离的个体即细胞的聚合体”。在植物内部，每个细胞都“一方面是独立的，进行自身发展的生活；另一方面则是附属的，是作为植物整体的一个组分而生活着”。[7] 因此，植物生理学和比较生理学的各个方面，从根本上看，都是细胞生命活动的表现形式。

细胞是一切生物结构和功能的基本单位，因而细胞的起源就是生命科学上的一个关键问题。施莱登在他的“植物发生论”一文中以及其后的“植物学概论”中，描述了细胞形成的几种方法。不幸的是，他也强调了“细胞的游离形成”的错误理论，他把细胞的坛殖比作晶体形成的简单物理过程。根据这个学说，核仁是通过微小黏液颗粒的逐步积累而生长

① 当时意义上的细胞核。

的，而黏液颗粒则来自含有糖、糊精和黏液蛋白质的液体成胞原浆。持续的黏液分泌把部分液体转化为相对不溶性的物质，从而形成了围绕着核仁的细胞核。当细胞核达到一定体积时，新细胞就开始在表面长成一个幼嫩的、透明的泡囊。随着泡囊的逐渐增大，细胞壁内的胶状物转化为植物纤维物质。这样，完整的细胞就形成了。植物也能通过由细胞内产生细胞的方式而生长。这个过程也需要有"成胞原浆"的存在。在这种情况下，细胞的全部内含物分成两份或更多份，而在每一份的周围立即形成"柔嫩的凝胶膜"。然而，木材似乎是通过有结构的液体突然凝固成为具有独特形式的细胞组织而形成的。

施莱登在细胞的游离形成学说中，虽然应用了晶体生长的简单类比，但他却拒绝有机体生命形态可以自然发生的概念。他认为，即使是低等的藻类、地衣和真菌也是通过生殖来产生自己后代的。施莱登把他的工作和推理局限在植物界，但他也发现许多杰出的工作者都力图证实动物界和植物界的相似性。不过，一般承认这样做是不行的，但很少有人懂得其中确切的原因，是他们不能把动物界的个体概念套用到植物界上去。在植物界，"个体"这个名称只能应用于由单个细胞组成的、分类地位极低的植物。然而，通过准确地阐述了植物是细胞群体的概念，施旺却提出统一植物生命和动物生命的关键性原理。1837 年 10 月，施莱登把他未发表的一些有关的结果通知了施旺。这样，施莱登实际上已把细胞学说的范围从植物界扩大到了动物界。

施旺 Theodor Schwann 1810 - 1882

与那位粗暴的、坚持异端的施莱登相比，施旺似乎是一个胆怯、内向、过于虔诚的人。施旺早年受教于科隆的耶稣会学院，后来在波恩、维尔茨堡和柏林攻读医学，并于 1834 年

毕业于柏林。在那里，施旺是弥勒的得意门生和同事，他的工作得到了弥勒的鼓励和指导。他除了细胞学说的著名著作以外，在组织学、生理学和微生物学方面也有许多贡献。施旺在为弥勒制作组织学标本时发现了用他的名字命名的围绕神经纤维的鞘。在研究消化的过程中，他发现了酵素酶，并称做为胃蛋白酶。施旺也研究过鸡胚的呼吸及其对氧的需要。由施旺进行的关于发酵实验的强有力的计划，向自然发生论进行了挑战，并提出了由于活的微生物活动，才引起了腐烂和发酵中的化学变化。施旺反对所谓"受过刑罚的"空气已失掉它的"生活力"这样的议论。他用青蛙在高温灭菌的空气中能完好地生存下来的事实来证明这一点。

施旺是如此地温文尔雅，以致不能在德国大学接受出头露面的教授职务。事实上他只好退居到科学工作中去了。激烈的争论是学术传统的一部分，但是施旺不能忍受来自德国科学机构最高层尖刻的批评。他在学习和讲授解剖学中度过了自己的余年。

施旺在脊索标本中已经观察到有核的单位，但是在他与施莱登讨论之前，显然没有重视他的观察的意义。后来在描述他沿着怎样的线索思考，而导致了最后产生著名的细胞学说时，他说——

> 一天，当我和施莱登一起用膳时，这位著名的植物学家向我指出，细胞核在植物细胞的发生中起着重要作用。我立刻回想起曾在脊索细胞中看见过同样的"器官"。在这一瞬间，我领悟到，如果我能够成功地证明脊索细胞中的细胞核起着在植物细胞的发生中它所起的相同作用，这个发现将是极其重要的。[8]

当施旺开始他的显微研究时，学者们已经注意到植物细胞和某些动物细胞结构之间的一些相似性，但是出现在动物界的大量的形态差异似乎比任何相似点更为突出。即使看到了动物的细胞、纤维、微粒等等，它们仍旧“只是自然史上的一些观念”。没有一个统一的理论，对任何一种细胞发生形式的研究结果都不能扩展到其它任何种类的细胞上去。在生物体的内部和外部形态上，动物比植物显得更加变化多端。甚至用改进了的显微镜，放大到450倍，也难看到动物细胞，因为它们总是十分透明的。

像施莱登一样，施旺发现细胞核是他阐明动物体细胞性质的关键。在无数种动物组织的形态中，即便如“肌肉纤维、神经管、卵或者血球”，它们都有细胞核。施旺在《关于动植物的结构和生长一致性的显微研究》一文1839中，陈述了他的目的是要“证明在两大有机界中最本质的联系”。[11] 他在这一点上是十分成功的，因为他提出了证据证明了：动物的各个部分即令在生理意义上可能全然不同，但他们都是按照相同的规律发育的。施旺的经典论文《显微研究》由三个部分所组成。第一部分，描述在蝌蚪体内脊索和各种不同来源的软骨的结构和生长；第二部分，提出证据论证了一切动物组织，无论特殊化到什么程度，其构成基础都是细胞；第三部分，详细阐明了细胞的理论。

施旺对脊索和软骨所做的仔细观察表明：“它们的结构和发生的最重要的现象与植物的对应过程相一致。”施旺的《显微研究》第一部分的主要结论是，某些动物组织确实起源于细胞，这种细胞在所有方面都相似于植物的细胞。施旺写道：“现在我们已推倒了分隔动植物界的巨大屏障，这便是结构的多样性。”[9] 他认为动物组织像植物组织一样，包含有细胞、细胞膜、细胞内含物、细胞核和核仁。细胞内产生细胞与

环绕细胞核产生细胞的方式，和施莱登对植物细胞中的描述一样，是在软骨内发生的。施旺用一种特别有利的系统证明植物和动物组织之间的相似性之后，又雄心勃勃地从事于证明多数或者全部的动物组织均发源于细胞的工作。

要证明某些组织是由细胞所组成，这是件很困难的事，因为有些细胞极其微小，其细胞膜又生性薄嫩。动物细胞膜和细胞内含物具有相似的折射力，即使放大四百至五百倍也解决不了问题。由于这些技术问题和形态上的多样性，研究者曾将细胞描述为像个小球或者微粒。施旺则提出：有无细胞核存在是有无细胞存在的最重要和最充足的根据。这就给辨别真正的细胞提出了一个标准。要观察某一组织是怎样从细胞起源的，人们必须追溯到该组织的早期发育情况。某一组织的原始细胞虽然常常在先期存在的亲本细胞内就已形成，但是这并不是施旺所描述的细胞产生的唯一方式。

为证明所有组织都起源于细胞或都是由细胞所组成，施旺开始把卵或"贝尔泡囊"作为"以后发生的一切组织的共同起源"来考察，然后进而研究动物体中的"永久组织"。显微研究显示了动物的整体是由细胞或细胞产物所组成。如同施莱登曾描绘了植物细胞的两重生涯那样，施旺也看到了动物细胞：每个细胞都独立地生活着，但同时又从属于有机体的整体功能。

施旺认为，组织的最科学的分类标准必须以发育程度为基础，即以"细胞在形成组织的过程中必将达到的发育程度"为基础。施旺对细胞生命的两类主要的形体变化下了一个明确的界说。他指出，对独立的细胞来说，细胞膜与相邻的结构是截然分开的；对结合的细胞来说，细胞膜则是部分或全部地与邻近的细胞混合在一起，或与细胞间物质混合在一起形成一种相同物质。[10] 在他的初稿中，施旺以细胞的结构为基

础，把组织分为五类。第一类，是由分离的、独立的细胞组成，如血液和淋巴细胞；第二类，是结合成连续组织的独立细胞，如角质组织和眼球晶体；第三类，是细胞膜已经相互结合的组织，如软骨、骨骼和牙齿；第四类，为纤维性细胞。最后，第五类，是由细胞膜和细胞腔已经相互融合的组织，如肌肉、神经和毛细管。

施旺虽然描写过细胞从亲本细胞里产生的一些实例，遗憾的是，他却也接受了细胞从无结构的液体或者成胞原浆中通过结晶过程而产生的思想。施旺虽然也强调细胞的增殖相似于结晶仅仅是个比喻，但是他似乎觉得从母液中生长出晶粒来的比喻非常有力，非常令人满意。在指出细胞和结晶增长之间的相似与差异时，施旺极力主张其他科学家把寻求这种相似作为重要的研究途径。虽然施旺写道："凡有生命的东西都源自细胞"，但他并不是想要说：细胞只能来自现代意义的原存细胞。他和施莱登喜欢结晶生长这个类比概念。他们这样作，是想以此作为一个途径来摆脱自然哲学家那种明显的形而上学理论。但是他们的成胞原浆概念和细胞来自这种原浆的概念与奥肯的关于原初细胞从"原液"原粘液发生的概念颇相类似。细胞开始于未分化的成胞原浆，并依照"必然性的盲目法则"进行分化。细胞产生了整个身体中分化最为明显的组织，包括蹄、羽毛、水晶体、软骨、骨骼、牙齿、肌肉和神经。无论身体上的某个部分是怎样地独特或看上去没有细胞，如果从胚胎发生的观点上向后追溯，我们就会发现，动物所有最复杂和最特殊化的组织和部分都是由细胞产生的。所以施旺的"发育－元论"就成了发育现象和成体结构研究之间的一个连接环节了。

在《显微研究》的第三部分，施旺总结了他的全部研究，并且对其强有力的概括，即"细胞学说"作了明确的阐述。

其中第一个主要论点是：无论有机体的各基本部分怎样不同，在它们的发生和发育上有一个普遍的原则，那便是形成细胞的原则。

他的第二个论点描述了细胞的产生：首先，存在着无结构的物质，它们或者围绕着已存在的细胞，或者在已存在的细胞的内部。依照一定的规律，在其中形成细胞。根据这种规律，各种细胞以各种方式发育，成为生物体的各基本部分。[1]

在生物化学史上，人们对施旺的理论部分，即“细胞学说”特别感兴趣。在这里，他试图论述细胞现象的基础——有组织的机体的一些根本力量——而不管这种力量是“活力
227 论”地还是“机械论”地按照必然性的规律而盲目地作用着。施旺写道，这些，或许是为了适合某些更高目的的要求。因而，这类只有有机界才具有，而为无机界所不具备的力量，它也可能按物理学和化学的法则来起作用。怎样在科学的意义上来了解有机体，便成了研究单个细胞的根本力量的问题。

细胞现象可归结为两类很自然的现象。第一，“塑造”现象，是指由分子组合而形成细胞；第二，由作为组成细胞成分的颗粒或其周围的成胞原浆中所发生的变成细胞本身的化学变化，施旺叫它“代谢”现象。他从希腊文创造了“代谢”metabolic 这个词来表示“那种容易发生或蒙受的变化”。施旺认为代谢的力量成了细胞和生命的普遍特性。他指出，“动物热”产生于细胞内的代谢。

施旺认为发酵是“细胞作用中最为人所知的说明”。他指出“发酵颗粒”是真菌，真菌基本上也是细胞，与所有其它的细胞没有什么不同。施旺关于细胞内发酵与细胞是代谢的单

元体的学说虽然很正确，可是这一学说只是在由著名德国化学家李比希 J. von Liebig 和巴斯德 L. Pasteur 之间发生了激烈争论之后，才被接受。李比希和他的同事维勒 F. Wöhler 匿名发表了讽刺施旺学说的文章。他们描述道，酵母在溶液中的传播产生卵，卵迅速孵出形状像蒸馏器的动物。这些动物扑倒在溶液的糖分上，贪婪地吞食着糖。消化了它们的美餐以后，这些动物粗野地向外喷出二氧化碳和分泌酒精。施旺因为气质关系，不适宜这样的争论。他在心理上被压垮了，并将此领域留给巴斯德去保卫，去占领。巴斯德是一位被描述为从不放下武器，一直战斗到所有敌人都被征服或消灭为止的人物有关巴斯德的轶事将在第十章中叙述。

四　对细胞理论的修正

施旺和施莱登虽然为了解动植物的结构、发育和机能提供了一个新的、有力的新模式，但是在一些重要方面，他们的学说仍然有缺陷。例如，关于形成自由细胞的概念，关于成胞 228
原浆的概念都是如此。此后，为了修补这个模式，其他的许多科学家做了大量工作，才全面地发展了细胞学说。

1839 年，普金叶使用了“原生质”protoplasm 这一术语来描写细胞物质。“protoplast”一词曾经被神学家用来称呼人类的始祖——亚当，它含有“第一次形成”的意思。对普金叶来说，这一个词意味着植物或动物单个细胞发育中最早产生的物质。在植物学界，格鲁提出了具有相似用法的“形成层”cambium 一词，它不指细胞的结构。耐格里 K. Nägeli 1817 – 1891 和默勒 H. von Mohl 1805 – 1872 进一步描述了细胞内含物的性质。耐格里应用许多不同的物种，在显微镜下观察了植物在生长点上增殖过程中的细胞形成。他发现，较低等的

水藻是研究细胞分裂和观察细胞物质的运动和性能的好材料。耐格里曾与施莱登合作编辑过一个杂志不久即停刊。起先，他虽然为施莱登的学说作了辩解，但通过对各类植物细胞产生的比较研究，使他认识到："细胞自由形成"是错误的。新细胞不是环绕细胞核沉积而成，而是原存的完整的细胞进行分裂的结果。然而，耐格里探究细胞核的起源没有成功；他的见解前后不完全一致。

大约与此同时，默勒正在研究较高等的植物细胞。植物组织保存在酒精中时，细胞的内含物因收缩而脱离了细胞壁。研究这样的植物组织时，他发现了一种他称之为"原始的椭圆囊"的物质；后来，他发觉新鲜的植物组织经强酸处理以后，也可产生相同结果；用碘处理时，细胞物质则变成了黄色，这说明其中有含氮物质存在。很明显，默勒并不是受了普金叶的影响才使用原生质"protoplasm"这个词，并把它描述为细胞膜里面的植物细胞的一个部分的。在一系列有影响的文章中，默勒使得"原生质"这个词成为一个广泛通用的生物学词汇。他结论性的意见是，像施莱登那种关于细胞自由形成的万能的学说，在自然界中是从来观察不到的。他以此对这位细胞学说的创立者提出非议，甚至还说，"施莱登从来没有观察到细胞的分裂"。

1868 年 11 月在英国爱丁堡，赫胥黎作题为"生命的物质基础"的讲演时，把"原生质"protoplasm 这个名词介绍给了普通公众。在赫胥黎的演讲中，这个词完全摆脱了过去含有的宗教意义。赫胥黎宣布，"所有的生命活动都可以说是把它表现出来的原生质分子力量的结果"。正如原液 uhrschleim 出现在歌德的《浮士德》中一样，"原生质" protoplasm 这个词也出现在吉尔伯特 Gilbert 和沙利文 Sullivan 的 "日本天皇" Mikado 的舞台上。巴赫 P. Bah 自豪地说："我能把我的祖先

一直追溯到原生质的初始原子小球”。[12]

细胞起源问题上的混乱状态妨碍人们对各种观察结果作出解释。对发育早期阶段所作的研究表明理论的解释大大落后于对现象的观察。十七世纪的施旺麦丹和十八世纪末的斯巴兰让尼都曾观察到卵裂现象。然而，在 1824 年，当普罗沃斯特 Provost 和杜马 Dumas 看见蛙卵的细胞分裂时，他们仍然不能理解这种现象的真正意义。1854 年，巴里 M. Barry 1802 – 1855 发表了兔卵的卵裂图片。图上清楚显示出了细胞核。然而，巴里却仍相信晚期阶段的细胞是直接从细胞核产生出来的。

波恩的解剖学教授舒尔茨 M. Schultze 1825 – 1874 试图综合关于原生质、原生动物和卵细胞这三个概念。1861 年，他粗糙但又简明地把细胞定义为一团有核的原生质。按照舒尔茨的意思，原生质是生命的物质基础。在所有被研究过的生命形态中，无论植物或动物，较高等的或较低等的，原生质都提供了结构和功能的统一性。

克里克尔 A. Kolliker 1817 – 1905 研究了墨鱼卵的发育。他也许是最早特别强调卵分裂过程中细胞核分裂现象的人。他应用施旺学说研究许多动物与组织的胚胎发育。莱迪希 F. Leydig 1848 和雷马克 1852 最后阐明了细胞分裂过程中细胞核发生作用的情况。雷马克仔细描述了发育中的小鸡的胚胎血球是怎样发生平均分裂的。他相信细胞在正常生长中，是按一个分裂成两个新细胞这个比例而增加的，但是他仍然相信在病理条件下也许会发生某些其它的过程。在威尔赫使他们确信每一个细胞都是原存细胞的产物以前，对许多科学家来说施莱登的错误一直被认为是一种真实可能性。

威尔赫与细胞病理学

Rudolf Ludwig Carl Virchow 1821 – 1902

图 9－1　威尔赫细胞病理学的创立者
派克·戴维斯公司出版 1961 年

威尔赫[①]使细胞学说具有今天的形式，并把它并入了科学医学的基础学科——病理学。他是一位多才多艺的学者，十九世纪文化界与社会运动的杰出人物。威尔赫与他同时代的其他科学家一样，也是弥勒的学生。约在 1845 年，他发表了一篇属于最早系统地研究“白血”即白血病的论文。1847－1848 年间，威尔赫被委派去西里西亚的一个工业区调查当时突然蔓延的“斑疹伤寒”。在调查报告中，他指出该地区流行病蔓延的真正原因在于恶劣的社会条件和环境卫生。由于

① 本书初译本及其它书中译为“微耳和”。本版译为威尔赫，以下同此。

这一对政府的强烈批评的报告，他被撤了职。1848 年革命开始以后，威尔赫感到，自己有着激进主义的名声，又是反政府人们的同情者，不如离开柏林为好。他幸运地得到一个德国 230
维尔茨堡 Würzburg 大学的职位，成为德国第一个讲授病理解剖学的教授。威尔赫到了那里，工作了七年，取得了很多成绩。直到 1856 年，柏林大学又聘请他去担任教授补缺。他表示接受，但要有一个从事研究的病理学研究所为条件。由于这一条件得到了满足，他就一直留在柏林，直到去世为止。1847 年，威尔赫与莱因哈特 B. Reinhardt 1819－1852 创立了《病理解剖学文献》杂志。编辑这一学术刊物使威尔赫有机会充分实现他的自由主义抱负。他审定文章只以学术水平为标准。这样，他采用了有关比较解剖学和生理学、东方语言、希腊文和阿拉伯文的中世纪译本等方面的文章，还包括大家想看到的有关肿瘤和传染病的组织学论文。

威尔赫参加了柏林的政治和科学活动。1850 年，他被选入柏林市议会，1861 年被选入普鲁士议会。他反对俾士麦 Bismarck 的政策。威尔赫终身都是市议会议员，在市政方面，他发起了许多社会的、环境卫生的和医学方面的改革。在 1866 年和 1870 年的战争时期，威尔赫负责建立第一批列车 231
医院和军用医院。从 1880 年到 1893 年，他担任德意志帝国国会议员。在威尔赫的广泛兴趣中间，有一门是自然人类学。1869 年，他创立了柏林人类学、人种学和史前考古学学会，他逝世以前一直是该会会长。他还为创建柏林人类文化博物馆和民俗学博物馆做了许多工作。

《病理解剖学文献》第一卷 1847 中，威尔赫综述了关于组织的结构和生长方面的流行观念。他受了施莱登和施旺的影响，把细胞起源描写为由脉管流出的一种液体——“无定形的成胞原浆”分化而成的。那时，炎症的研究似乎支持这个学

说。血液中的白血球大量地进入受伤的部位,并变成了巨噬细胞。然而,甚至像一个学生一样,在观察角膜治愈过程中,他发现了与流行的关于细胞生长的观点不相一致的现象。为此,他开始了对病理过程进行深入细致的显微研究。他得到了与雷马克曾经从胚胎学研究上所得到的同样结论。他和雷马克否定了关于细胞的自由形成和自然发生的观点,他们两人的意见非常相似。约在 1854 年,威尔赫确认了,"生命,只有来自生命的直接延续"这一信念。

1855 年,威尔赫在他的期刊上发表了一篇关于"细胞病理学"的文章、文章包含着一个著名的论断,即"*omnis cellula e cellula*"所有的细胞都来源于先前存在的细胞。在这篇文章中,他抱怨对当时的医学界人士来说,显微镜还是个新东西,尤其是对一些年纪较大的医生们,显微镜在他们的思想中扎根不深;然而,有些人却对这种仪器估计过高并加以滥用。他的经验与十九世纪四十年代在牛津大学参加艾克兰 H. Acland 的显微镜解剖学课程的一个学生相似。某些高年级学生试图看一下显微镜标本来说明讲课内容。但有一位基德 Kidd 博士却在检定一件精细的形态学标本时宣称:"第一,我不相信它;第二,即使它是真的,我认为上帝也不要我们认识它。"[13]

在"细胞病理学"的总题目下,威尔赫在柏林作了一系列的演讲,发表了他的见解。他从评论植物的结构开始,改正了早期把植物细胞和动物细胞过分简单地相互类比。然后,他分析了病人和健康人的每一种器官的组织结构。他一方面强有力地反对古代关于"普遍病源"的概念,这种概念无法摆脱与体液病理学的联系。另一方面则提出医学和科学的探究必须集中探讨这样一个问题,即"疾病是在哪部分机体的细胞里面?"。威尔赫认为,在正常的和病理的状况之间没有基本的差异,"所有的疾病只不过是改变了的生命现象"。因此,作

为科学的一个分支，病理学必然与生理学紧密联系在一起，目的在于检定病理状况下所发生的失调。例如，威尔赫通过 232
对癌症的广泛研究，确信癌细胞与正常细胞的不同之处主要是在于其行为，而不是结构。

在威尔赫看来，“构成组织、器官、系统、个体的是处于相互从属关系中的组成物。这些组成物构成巨大的链条，细胞则是这一链条中永远可以找到的处于最内层的一环。”1858年，他在《细胞病理学》一书中，发表了自己的演讲和研究成果。当别人把某些他所信奉的思想更推进一些时，他很高兴地大力支持。例如，在医学上恰当地使用显微镜，修改细胞理论，并认识到细胞是发生疾病的场所等等方面。与其他学者对这些概念的讲解相比，他那些生气勃勃的陈述更有条理，产生更大的影响。[14]

细胞学说的发展和提高

威尔逊 E. B. Wilson 在他的有影响的专题论文《细胞的发育和遗传》中，概括地列举了细胞学说继施莱登与施旺后发展的三个阶段。第一阶段，在 1840 – 1870 年间，科学家致力于打好学说的基础——建立起遗传学连续性的基本轮廓和原理。第二阶段，从 1870 – 1900 年，是细胞学、细胞胚胎学趋于成熟，以及遗传学物质基础和发育机制的新概念得到发展的过程。在孟德尔定律再发现以后，威尔逊以一个科学家的眼力，将第三阶段写成“对于性别和遗传的机制作现代的和更彻底的探究”的时代。

科学家们把他们的注意力不断地集中到细胞和细胞内不同部分的研究上，如从细胞核到细胞壁、到细胞质；又回到细胞核、到染色体，一直到当前的脱氧核糖核酸 DNA。在十九世纪的各种科学中，细胞学说成为植物和动物之间、卵细胞和成体之间、以及疾病与健康之间的连结物。施莱登和施旺

两人曾经提倡新的生理学研究，贝尔纳、巴斯德和其他人尽管也作了巨大的努力，但仍然进展缓慢。然而，巴斯德关于发酵和自然发生的研究为施旺的有先见之明的，但大部分未经证实的细胞代谢理论提供了明确的支持。当然，如要进一步研究细胞中的细微结构，尚有待于显微镜的改善，以及标本制备、染色方法等等的进步。

亨利、施旺和其他人在显微观察材料的准备方法上通常冗长费时。把新鲜的材料压成扁的薄片，再放在显微镜下直接进行观察。用这种方法可以研究比较均匀一致的组织结构。但观察复杂器官中不同类型细胞之间的相互关系时，运用上述方法，却会完全搞混。

固定剂，首先被用做粗标本的防腐剂。波义尔曾经提出过许多防腐剂，但是并不能肯定他是否曾试用过。显微镜学家使用各种各样的化学药品，例如铬酸和铝酸盐，主要是作为硬化剂，将组织浸泡，使之硬到完全能够徒手进行切片。这
233 种硬化剂对研究神经系统很有帮助。通常用酒精或醋酸或者二者的混合物。加拿大树胶用香柏油处理后常用来进行封片。舒尔茨发现，锇酸固定法能够把细胞的精细部分保存完好，与活体没有多大差别。

染色方法一般是非常粗糙的。在十九世纪五十年代使用了洋红染色法。但在随后的十年中，便可使用苏木精和第一批苯胺染料了。直到十九世纪七十年代才发展了鉴别染色法。大概也在这个时期，弗莱明 W. Flemming 1843－1915 和其他人正在研究改进固定和染色的技术来观察细胞内及细胞核内的细节。用油浸透镜结合在一起使用，这些技术成了现代细胞学的基础。在十九世纪的最后几十年中，包埋技术和制备切片的技术也得到了提高。

十九世纪末，已研究到了细胞分裂中出现的微小结构。

波恩的植物学教授斯特拉斯伯格 E. Strasburger 1844 - 1912，用他的不朽著作《细胞组成和细胞分裂》，统一了对这个知识领域的认识。他的著作于 1875 年起出版。他将植物细胞分裂时发生的复杂过程描述得十分清楚。弗莱明则是研究动物细胞分裂的杰出人物，他的著作于 1882 年出版，叫做《细胞物质·细胞核和细胞分裂》。弗莱明最负盛名的是他在十九世纪七十年代后期对染色体所作的描述。然而直到 1888 年，这个术语才被沃尔德耶 H. W. G. Waldeyer 1836 - 1921 所使用。他首次运用苏木精作为一种组织显微用的染色剂。弗莱明用“染色质”chromatin 这个术语来代表细胞核的物质，把细胞分裂叫做“有丝分裂”mitosis。1880 年，他描写了染色体的纵向分裂。与此同时，斯特拉斯伯格研究了紫露草属的活的雄蕊丝细胞的分裂。弗莱明对于两栖类胚胎软骨作了类似的研究工作。从这些研究中引出了关于细胞分裂阶段时间顺序的正确认识。在这方面，植物细胞和动物细胞基本上是相同的。

1875 年以来的时期标志着这么一个时代，在这个时代里，人们对细胞分裂和核内含物所做的分散而又各异的观察终于得到了条理化。细胞学说终于加进了两项概括：动物和植物细胞是由先前存在的细胞均等分裂而成；细胞核的分裂先于细胞分裂。

在十九世纪末，产生了另一个令人兴奋的研究领域，它似乎对细胞学说的普遍性提出了疑问——细菌。与一般所理解的动植物细胞似乎很不相同。在细菌中，简直没有细胞核，只有很难分类的组成部分——“泡”或“小球”。这一点体现了细菌的本质。最后，细胞学说还是能适应这个新发现的。它阐明了所有的活生物体或组织部分并非都包含着“一团细胞质包含着一个细胞核”这种经典意义上的细胞。另一方面，对高等有机体细胞的细微结构的认识，可以复杂到令人迷惑的程

度。正如托马斯 L. Thomas 所描述的，真核细胞精微细致，其中各方面的关系比“牙买加海湾中的生态系统还要复杂”，其中聚集着许多“小动物”，像有自己的 DNA 和 RNA 的线粒体，还有各种中心粒、基体，也许还有其它“更不明显的极小生物在工作着”。[15]

注　释：

1. S. Bradbury(1967) . *The Evolution of the Microscope*. Translated from the French by author. New York: Pergamon, p. 183.
2. A. Hughes(1959). *A History of Cytology*. New York: Abeiard - Schuman.
3. R. Hooke(1665). *Micrographie* Repnint 1961. New York: Dover, p. 112.
4. N. Grew(1682) . *The Anatomy of Plants*. Reprint 1965. New York: Johnson Reprint. See introduction by C. Zirkle, p. xiii.
5. T. S. Hall(1969) . *Ideas of Life and Matter*. Chicago: Chicago Univ. Press, II, pp. 121 - 304("Tissue, cell and molecule, 1800 - 1860").
6. M. Schleiden(1849) . *Principles of Scientific Botany*. Reprint 1968. New York: Johnson Reprint, pp. 1 - 2.
7. T. Schwann(1847) . *Microscopical Researches*. Translated by H. Smith. Reprint 1969. New York: Kraus Reprint. Includes M. J. Schleiden, "Contributions to Phytogenesis(1838), "pp. 231 - 232.
8. Hughes, p. 38.
9. Schwann, p. 34.
10. Schwann, p. 65.
11. Schwann, p. 165.
12. Hughes, p. 50.
13. Hughes, p. 12.
14. E. Ackerknecht(1953). *Rudolf Virchow*. Madison: Univers.ty of Wisconsin Press.
15. L. Thomas(1974). *The Lives of a Cell*. New York: Viking, p. 4.

参考文献：

Ackerknecht, Erwin(1953) . *Rudolf Virchow, Doctor, Statesman, Anthropologist*. Madison: University of Wisconsin Press.

Baker, J. (1948). The Cell Theory: A Restatement, History, and Critique. Part 1. *Journal of Micro. Soc. 89*: 103.

Baker, J. (1949). The Cell Theory: A Restatement, History, and Critique. Part 2. *Journal of Micro. Soc. 90*: 87.

Bradbury, Savile, ed. (1967). *Historical Aspects of Microscopy: Papers Read at a one-day Conference held by the Royal Microscopical Society at Oxford, 18 March 1966*. Cambridge: Heffer, for the Royal Microscopical Society.

Conklin, F. G. (1939). Predecessors of Schleiden and Schwann. *Amer. Nat. 73*: 538–546.

Espinasse, M. (1956). *Robert Hooke*. Berkeley: University of California Press.

Gerould, J. H. (1922). The dawn of the cell theory. *Sci. Monthly 14*: 268–277.

Goldschmidt, R. B. (1956). *Portraits from Memory*. Seattle: University of Washington Press.

Haymaker, W., ed. (1970). *Founders of Neurology: One hundred and forty-six Biographical Sketches by eighty-eight authors*. 2nd ed. Springfield Ill. Thomas.

Hertwig, O. (1895). *The Cell*. London: Swan Sonnenschein.

Hooke, R. (1665). *Micrographua*. Reprinted 1961. New York: Dover.

Hughes, A. (1959). *A History of Cytology*. New York: Abelard–Schuman.

Lamarck, J. B. (1802). *Zoological Philosophy, An Exposition with Regard to the Natural History of Animals*. Translated by H. Eliot (1963). New York: Hafner Publishing Co.

Moulton, F. R., ed. (1940). *The Cell and Protoplasm*. Publ. of A. A. A. S. No. 14. Washington, D. C.: Science Press.

Nordenskiold, E. (1935). *The History of Biology: A survey*. New York: Tubor.

Oppenheimer, J., and Willier, B. H. (1964). *Foundations of Experimental Embryology*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice–Hall.

Robinson, V. (1929). *Pathfinders in Medicine*. New York: Medical Life.

Rudnick, D., ed. (1958). *Cell, Organism and Milieu*. Society for Stuby of Development and Growth. New York: Ronald.

Sachs, J. Von. (1909). *A History of Botany*. (English trans.) Oxford: Clarendon.

Schleiden, M. J. (1849). *Principles of Scientific Botany: or, Botany as an Inductive Science*. Translated by E. Lankester with a new introduction by J. Loreh. Reprinted 1968. *No. 40: The Sources of Science*. New York: Johnson Reprint.

Schwann, T. (1847). *Microscopical Researches into the Accordance in the Structure and Growth of Animals and Plants*. Reprinted 1969. Translated by Henry Smith. New York: Kraus Reprint.

Sigerist, H. E. (1933). *The Great Doctors; A Biographical History of Medicine*. Translated by E. and C. Paul (2nd Ed 1958). Garden City: Doubleday.

Suner, A. P. (1955). *Classics of Biology*. New York: Philosophical Library.

Tempkin, O. (1949). Metaphors of Human Biology. *In Science and Civilization*. Edited by R. C. Stauffer. Madison: University of Wisconsin Press.

Thomas, L. (1974). *The Liver of a Cell, Notes of a Biology Watcher*. New York: Viking.

Wilson, E. B. (1925). *The Cell in Development and Heredity*. New York: Macmillan.

第十章　微生物学和生源说

一　微生物的研究

在十九世纪，科学家们有不少紧迫的理由来研究这些被长期忽视的“纤毛虫”。首先，作为最简单的有机体，这些微小生物本身就够令人感兴趣的了。虽然严肃的科学家很少认为这些实体是具有微小器官系统的、“完整”的动物。但是，细菌、原生动物和霉菌的结构和生命周期确实具有足够的多样性，能够满足任何拥有近代改良透镜的显微镜学家的好奇心。第二，施旺坚决主张新陈代谢是细胞的内在过程，他把发酵看做为“已知的对细胞作用的最好解释，对活体每一细胞内一再重复的过程所作的最简单的说明”。[1] 显然，施旺预见到今后将会以微生物来代表所有的生物，用来研究生命的功能——新陈代谢、生长以及繁殖。以比较内行的话来说，特殊的微生物可以作为同发酵、腐烂以及多种化学转化有关的因

素而加以研究。

进化论的反对者和拥护者，也都抓住这个机会，各自选用微生物学的研究成果来支持他们自己的"创造"观。如果把最简单的细胞认为是生命的基本单位，从中而得的线索也许能阐明达尔文本人所回避的一个重大问题。这就是赫胥黎称为的"生源说"biogenesis，即关于生命起源的问题。有些科学家认为，如果微生物是自发产生的话，那么，它们也许就能填补生命和非生命之间的鸿沟了。当然，并非每一个自然发生说的拥护者都接受物种质变论的。

也可以从医学的观点来研究微生物。在分析感染和疾病的过程时，或能把它们看做同发酵、腐烂等过程相类似的现象，而后者则早以被推测为是微生物所导致的了。

238 这些可能的研究途径并不一定非彼此分开不可。正如我们已经看到，过去的科学家们几乎很少有可能是专业化的。他们虽然在许多方面受到限制，但他们并没有让专业的界线来限制他们的研究范围。这在化学家巴斯德 L. Pasteur 的工作中尤为明显。虽然巴斯德对把微生物学作为支持进化论的论据并不感兴趣，但是他的研究工作却几乎包含了这个科目的全部其它方面：作为酵素的微生物，作为疾病因子的微生物和作为只能从同种亲本产生，而不是自发产生的活有机体的微生物。

虽然微生物学同显微镜的进展休戚相关，但是直到十九世纪后半期，列文虎克所发现的纤毛虫和各种各样"肮脏的小动物"，仍然仅仅是些"奇怪的谜"。只有那些行为古怪的人们，才继续探索研究这些"小得难以相信"的动物。人们虽然能如此大量地发现这种小生物，但是对它们有些什么作用却一无所知，这似乎是很奇怪的。列文虎克曾说过："生活在整个荷兰的全部人数，还没有我每天嘴内所带有的小生物那么

多”。列文虎克的成就是不容忽视的，但是他那保守秘密的顽固态度却严重阻碍了细菌学的进一步发展。由于其他显微镜学家不能重复他所观察到的结果，他们对他的工作甚至不止是一点点的怀疑。但这却并未使列文虎克动摇，他在 1717 年给波尔哈夫的信中说：“我知道，我是对的。”[2] 随着科学的发展，列文虎克终于被证明是正确的。

在十八世纪，出现了许许多多关于纤毛虫的说法，其中值得一提的是乔布劳特 L. Joblot 1645 - 1723，他也许第一个证实了列文虎克所发现的某些较大的“微生物”。他主要是由于反对自然发生的论点而给人以深刻印象，但他还发表过论显微镜的结构以及关于微生物观察的论文 1718。他的著作内有十二幅刻制的版图，在微生物学史上，这是第一次。

林耐，这位几乎所有物种的命名人和分类学家，并且还是决定这些物种是否存在的公认权威，他对微生物学的研究却十分怀疑。林耐认为，对所有物种进行有秩序的排列才是一个自然学家至高无上的成就。他发觉列文虎克、乔布劳特和其他人所发现的生物是些麻烦的东西，很不好办。他把所有这些生物一概扔进一个无所不包的混杂范畴——蠕形动物 Vermes，一个被称为“混乱”chaos 的纲。

虽然人们应用“活的酵素”来生产啤酒、酒、面包已有上千年的历史，但科学家们却直到十九世纪三十年代才懂得发酵的真正本质。不幸的是，长期以来发酵却同那神秘的炼丹术联系在一起。“酵素”这个术语，十分含糊地被用来指一种活性的物质，这种物质能转化受它作用的可发酵的其他物质，使后者也具有酵素的那种性质。在人们享用发酵过的酒精食物已有几千年，炼丹士研究这种现象也有几个世纪，甚至列文虎克描述酵母的形态也有一百五十多年的时间以后，三位研究者几乎同时认识了酵母，认为它是一种活的有机体，是

它引起了酒精发酵。这便是施旺、卡尼亚尔—拉图尔 C. Cagniard – Latour 和科辛 F. T. Kützing。他们用改进了的显微镜，观察了酵母的球状性质以及出芽繁殖 1836 – 1837。

尽管施旺的论证极其清晰，他的实验和观察又富于独创性，但是李比希却奚落细胞发酵的概念。对于李比希来说，施旺和拉图尔应该为他们的观点感到问心有愧，因为他们竟然把他认为是纯粹的化学过程看做是神秘的生命现象。但是，巴斯德最后却提供了令人信服的证据，证明了发酵的生物学性质，并推翻了自然发生说。由于事实上巴斯德用他的天才照亮了细菌学的每一分支，因此，讨论这一学科的历史，没有比讨论巴斯德的一生和工作再好的方法了。这一简史论述法，将把我们从化学带入发酵学，从自然发生学说带到疾病的微生物理论。

二　巴斯德 Louis Pasteur 1822 – 1895

巴斯德的家境非常贫困，但是他父亲——一位制革工人、拿破仑军队的退伍军人——却希望自己的儿子将来能成为一个学者和教授。这孩子聪明伶俐，又具有艺术才能，因此，无论在艺术上还是在科学上都有成为教授的可能。巴斯德曾为家庭和朋友们画过许多像，这些像确实画得相当好。但在十九岁时，他却放弃了绘画，而一心投身于科学事业。并非所有的老师都认为他是一个聪明的学生。化学老师就认为他在化学上是“普普通通”的。在进入巴黎高等师范学校 École Normale Supérieure 的竞争考试中，他只排列第十六。虽然被允许进入这所学校本身就是一种荣誉，但巴斯德却拒绝入学，要准备得更好些再去就读。1843 年，他又参加了考试，

上升到第五名。但是，在巴黎的第一次学生生活由于想家心切，不久便结束了，他终于离开巴黎回到了家乡。

巴斯德作为一个学生学到的最重要的东西，是他认识到实验手段可以广泛地用来解决各种问题。他从未认为科学可以解答所有的问题，但对于可以用实验手段来解决生物学和医学的问题，他却从未迟疑过，尽管这是一些他从未受过训练的学科。巴斯德对"纯科学"的研究最为专心，对他所作初步实验的含义有着浓厚的进一步研究的兴趣。他即将作出的重大概括，能把晶体的立体化学联系到酒、啤酒的"疾病"上去，联系到感染的机理上去。他引进了贮藏食物的新方法，帮助了法国的农业，挽救了法国的酿酒、啤酒、造醋和丝绸工 240
业。巴斯德在医学上虽然是门外汉，但对疾病的预防和治疗，他所起的促进作用比其他任何人都大。

巴斯德的第一个胜利，是他对晶体结构和立体异构现象的研究。这些研究似乎与生物学和医学的研究毫无关系正是后者，使得他的名字家喻户晓，人人皆知，但却似乎给了巴斯德以后的研究工作以动力、洞察力和鼓舞。比奥 J. B. Biot 1774 - 1862 曾用实验显示：即使在溶液中，某些有机化合物，例如糖类和酒石酸，能使偏振光的平面旋转。另一位化学家，米切利希 E · Mitscherlich 1794 - 1863 发现，酒石酸除了有常见的大晶体外，还有他称之为"异酒石酸"或"外消旋酒石酸"的小晶体。这两种晶体的化学性质虽然相同，但外消旋酒石酸对偏振光不起作用。"化学物质怎么能既相同又不相同呢"？巴斯德抓住了这个明显的矛盾，设计了回答这个问题的实验方法。他不久就制备了十九种不同的酒石酸盐和外消旋酒石酸盐的晶体。在显微镜下进行检查时，他发现，这些晶体能用机械的方法分作两类——左旋和右旋的晶体，它们具有数值相同，但方向相反的偏振特性。比奥在自己的实验室里，用自己

的化学物质和旋光计得到了与巴斯德实验相同的结果。由于证明了这一事实，年轻的巴斯德赢得了终生的荣誉，也获得了比奥这位易发脾气的老化学家父亲般的喜爱。也使巴斯德更加迷信于实验对于科学的作用!

从晶体到酵素

人们是如何从研究分子不对称性这样一个纯粹的理论问题转到研究生命的化学性质的呢？这是1857年在巴斯德实验室里一个"偶然"发现的结果。天气温暖时，酒石酸盐溶液中常常会生长霉菌，这是十分普通的事情。许多研究者都看到过这种现象，并厌恶地把这霉坏了的制剂扔掉。但是，巴斯德想要知道霉菌对两种形式的酒石酸的影响是否同样。当他发现这种霉菌只利用D型的酒石酸时，他即发明了一种用生物试剂来分离立体异构体的简单而巧妙的方法。更重要的是，对巴斯德那敏锐心灵中的那个问题，这一点却提供了一把钥匙。分子的不对称性是区别生命过程同化学过程的一项标准。不对称性与生命之间的联系，引导巴斯德去研究发酵现象和微生物在自然界物质平衡中的作用。

巴斯德认为分子不对称性存在于宇宙的一切方面——有生命的物体和非生命的物体。他写道："整个宇宙就是一个
241 不对称的统一体，我倾向于认为：正如我们所看到的那样，生命总一方面是宇宙不对称性的函数，同时又是不对称性所产生的后果的函数。宇宙是不对称的……生命受不对称作用的支配。我甚至能够预见，所有的生物在其结构和外部形态上，从根本上来说，都是宇宙不对称性的函数。"[3]

1849年，巴斯德获得了在斯特拉斯堡Strasburg大学的职位。他讲授的化学课，吸引了附近地区的许多实业家。巴斯德写信给他的父亲说，他不打算立即结婚，并希望他的一个姐姐来照顾他，但是，上任才两个星期，他就要求斯特拉斯堡

学院的院长，允许他向院长的女儿玛丽 Marie 求婚。他谨慎地向劳伦特 M · Laurent 先生作解释说，他完全没有财产，只有“健康的身体和一些勇气”以及他在大学的职位。巴斯德当时只有二十六岁，他谦虚地写信给他未来的岳母说：“我没有什么东西能吸引一个年轻姑娘的爱情。但是，我的记忆告诉我，那些很好地了解我的人就都非常喜欢我。”求婚不久就被接受了，巴斯德和玛丽共同生活了五十年，互相忠诚，也忠诚于科学。[4]

在斯特拉斯堡大学期间，巴斯德继续做他在晶体上的实验，并且总是引出可能的具有最广泛含义的结论——虽然有时纯粹是推测性的，但总是很有独创性。在一个实验中，他打碎一块八面结晶体，并放回到原来的母液中。晶体通过新颗粒在各方向上的沉积而变大，但在碎断的部分沉积得最快。几小时以后，这块晶体恢复了原来的大小。巴斯德设想，伤口的愈合也许可以比作晶体生长的物理现象。

巴斯德由于化学上的杰出研究，受到了人们的重视并且获得了荣誉，1854 年，他被委任为法国北部丽里 Lille 大学的化学教授和理学院院长。他所负有的“使命”，包括满足这个地区工业利益的需要。巴斯德试图通过创办教育，来培养具有更多的实验室经验并获得新的文凭的人，并通过让这些人担任指导员或验查员来满足该地区工业发展的需要。但他也强调在教育中理论如同实践一样重要。他明确主张：“没有理论，实践只是由习惯产生的老一套做法而已。但是，单有理论就能够产生和发展发明精神。”当问及纯科学发现有什么用时，他喜欢引用富兰克林 Franklin 的回答：“新生的孩子有什么用呢?”

巴斯德所喜爱的是纯粹的化学研究，但是他没有鄙弃研究同发展法国商业有关的实践问题。不久，他直接投入了研

究酒精发酵的问题。酿酒业是丽里周围地区的主要工业。他那好询问善于调查的习惯以及开阔的视野，使他把在实验化
242 学中学到的原理成功地应用于发酵问题。这种研究继续了二十多年之久，在这期间，确立了各种不同的微生物在引起各种人们希望的或想避免的发酵中的作用。

巴斯德经常说，"在观察的领域内，机遇只偏爱那些已有所准备的头脑。"[5] 当有一位贝格 M. Bigo 先生来向巴斯德请教关于用甜菜根制取酒精问题时，巴斯德证明了这一点对他自己来说完全是正确的。他每天到这家工厂去调查研究，并用显微镜研究发酵液样品。他发现，当发酵正常时，酵母菌是圆的；当发酵过程开始有变化时，酵母菌就变长了；一旦变成乳酸发酵时，酵母菌就变得十分长。贝格先生把这些观察应用到他工厂的生产中，终于获得了良好的结果。

巴斯德同施旺和其他人一样，在发酵液中也发现了各种各样的微生物。但他还注意到了发酵中的光学活性产物；联想到在晶体研究中所获得的线索，他作出了这样的假设：发酵就是一种由"生命酵素"实现的过程。他的这种思想，同当时最有名望的一些化学家们所阐述的并为人们所接受的关于发酵的概念完全相反。伯奇利厄斯 Berzelius、李比希和维勒 Wöhler 等人都认为，发酵是一个纯粹的化学过程，微生物只是发酵的产物，而不是发酵的原因。巴斯德在分析了发酵过程的许多例子后提出，所有的发酵都是由微生物所引起的；每一种生命酵素只对某一特定的发酵过程起作用。环境、温度、PH 值、基质的成分等等因素的改变，以及有毒物质都以特有的方式影响着不同的酵素。例如，酵母产生酒精的最佳 PH 值为酸性，而乳酸杆菌却喜欢 PH 值为中性的环境。

巴斯德在以后的时间里，继续研究了发酵，以及与它有关的生物自然发生问题和疾病问题。他对如此多的问题同时

进行研究，因此难以用有条有理的方式来讨论所有这些问题。他的头脑始终充满了关于新计划的设想，并且经常受到正在进行研究的课题之间的相互作用的启发。

1857 年，巴斯德离开丽里来到巴黎高等师范学校，担任负责管理和指导科学研究的助理主任。其任务是“监督经济和卫生的管理情况，包括检查一般纪律的执行情况，同学生的家庭联系，以及管理学生们经常去的图书馆和科学机构”。实际上并不存在供他研究用的设备和基金。巴斯德只得在师范学校内用了一个很小的阁楼作为实验室，克服各种困难继续进行研究。不仅如此，巴斯德还致力于学校的管理和学生的健康，关心着膳食的每一具体枝节，每个学生的吃肉数量，教室的通风状况以及一切与学生健康有关的问题。

1860 年，科学院授予巴斯德实验生理学奖。贝尔纳写了 243
这份报告，强调指出了巴斯德关于酒精、乳酸和酒石酸发酵的研究在生理学上的重要意义。当时巴斯德正在研究关于自然发生的问题，并向科学院报告了自己的初步实验。他的老朋友比奥劝告巴斯德放弃这个研究——这是一个应当避免的困境。“你永远也不能寻得这个问题的答案。”比奥警告他说。尽管巴斯德知道，试图证明这样一个被大家都否定的问题无论在科学上，或是在哲学上都不是一件容易有所收获的事情，但是他回答说：“我要试试看。”

关于自然发生论的历史

比奥认为他对巴斯德提出的劝告是明智的，因为这个古老的自然发生问题，一向就是有争议的。但巴斯德认识到，只有自然发生的思想被完全击败后，微生物学和医学才能得到发展。从人类文明的最早期直到十七世纪，自然发生在人们的心目中几乎是普遍存在而又毫无疑问的信念。正如“大地为万物之母”这个俗语所表示的那样，许多民族一直把整个

世界看做为一个“生命有机体”。因此，如果各种生物由似乎是无生命的基质产生出来的话，那也就不足为奇了。最低等的生物——寄生虫，以及常常是突然地从没有已知亲代的什么东西中产生出来的种种“害虫”——似乎是无生命物质向有机体实现某种转化的结果。

亚里士多德的特殊声望给自然发生论增添了力量，他甚至还为会从各种物质中产生出来的特定物种编制了名录。按照亚里士多德的说法，任何一种机制的繁殖——有性、无性，或自然发生都——需要热量。但高等生物是通过“动物热”产生的，而低等的类型则是在雨、空气和太阳热的共同作用下，从黏液和泥土中产生的。晨露同黏液或粪土相结合就会产生萤火虫、蠕虫、蜂类或黄蜂幼虫。从正在腐烂的尸体和排泄物中形成绦虫，而黏液则产生蟹类、鱼类、蛙类和蝾螈。老鼠是从潮湿的土壤中产生的。赫尔蒙特 J. B. van Helmont1579－1644 还提出了产生老鼠的方法——把糠和旧破布塞进一个瓶子里，然后放在暗橱内，不久就会有小老鼠出来。甚至连牛顿也对这些新的神话作了贡献：植物由逐渐变弱了的彗星尾巴所形成。

雷迪开始了向自然发生理论的实验性进攻。雷迪是个宫廷内科医生，是意大利佛罗伦萨实验科学院的成员。他以极大的热情充分地应用实验手段，进行严格控制的实验。各种基质——生的或煮过的都——试验过，其中包括下列动物的肉：母牛、鹿、水牛、狮、虎、鸭、羔羊、小羚羊、兔、鹅、小鸡、燕子、箭鱼、金枪鱼、鳗、箬鳎鱼和蛇。雷迪注意到不同的苍蝇被这些物质吸引时所表现出来的行为方式。他提出，蛆也许就是由成体苍蝇在这些肉上留下的东西发展而来的。他从卵开始观察了幼虫发育的各个阶段，注意到不同的蛹产生出不同种苍蝇这一现象。1668 年，这些研究以“昆虫发生的实验”为

图 10－1　雷迪　引自 W. Bullough《细菌学史》 1960

题发表了。这些实验虽然没有把自然发生的思想彻底摧毁，但它们确实导致了论战战场的改变。人们从讨论肉眼可见的生物是如何产生的转到了观察和研究纤毛虫和微小动物这样一个小型的新世界。这些微小动物的发现者——列文虎克认为，这些小家伙是生命有机体，是那些同其本身相像的亲本繁殖出来的。

在施旺麦丹和其他预成论者由于自然发生理论同他们的"被包含在内的"理论相抵触而加以反对时，其他的科学家却使伟大的数学家和哲学家莱布尼茨 G. W. Liebniz 1646－

1716 关于“滴虫”或者“生命的分子”的思想得以复活。在后面这个传统中值得一提的是布丰和他的朋友英国显微镜学家尼达姆 J. T. Needham。他们两人把辉煌的才能结合起来，来反驳乔布劳特。为了证明纤毛虫不是自发产生的，乔布劳特把培养基煮沸以后，分别装在两只烧瓶里，一只封闭起来，另一只不加盖子。不久，在敞开着的烧瓶里出现了大量有生命的物体，而封闭起来的那只烧瓶则毫无纤毛虫。为了证明封
245 闭烧瓶里的培养基仍然是会腐败的，乔布劳特把它再暴露于空气中，不久纤毛虫就在培养基上活跃地大量繁殖了。因此，他做出结论说，必须有来自空气中的某种东西进入培养基后，才能产生微生物。当尼达姆重复乔布劳特的实验时，他为“生命分子”和自然发生理论找到了充分的“论据”。在尼达姆的实验中，无论烧瓶是敞开的还是封闭的，无论培养基是煮沸过的还是没有煮沸过的，也无论浸液是加热培养还是不加热培养，所有的器皿中都“充满了生命，和各种大小不同的微小动物”。因此，尼达姆做出结论说：“在物质的每个微点中，以及在组成动植物结构的每个可见的丝状体中，都有一种能生长的力量。”当动物和植物死亡后，它们就缓慢地分解成一种相同的要素——尼达姆把它称做是“一种宇宙的种子”。从这“所有生命的源泉中”，“微粒可能又回复了原样，然后上升为新的生命”。[6]

尼达姆的观点是众所周知的，因为他在哲学性的《伦敦皇家学会会报》上发表了这些观点 1748。尼达姆和布丰所宣称的观点很快就受到了挑战，斯巴兰让尼不久就揭露了自然发生理论的拥护者，指出他们的假设是靠不住的，他们的实 246
验也设计得很差。如同往常一样，斯巴兰让尼的实验是直截了当、简单明了而又合乎逻辑的。他以一系列不同长度的时间加热各个烧瓶，从而确定了不同微生物对热的耐受性各不

相同。某些“高等的微生物”只要略微加热就会被杀死可能是原生动物，而另外一些非常小的家伙在沸水中煮了几乎一个小时还不死。进一步的实验使斯巴兰让尼确信，微生物是从空气进入培养基的。虽然他相信“在空气中飘浮着各种各样的微生物卵，并降落在每一个地方”，但是他却谨慎地得出结论说，空气“既把微生物送到了培养液中，又帮助了本来在那里的微生物增长”。[7]

斯巴兰让尼的实验直接回答了自然发生理论的辩护者提出的许多问题，并证明消毒条件的重要性，但他的批评者们却宣称，由于他是如此严酷地处理了培养基，以致于那些非常重要的“生命力”都被他折磨得离开了有机物质。人们所定义的生命力是变幻莫测和不稳定的，在条件如此严酷的实验中处理过的有机物质中，不可能使它重新产生出生命来。1810 年，法国化学家给吕萨克 J. L. Gay – Lussac 1778 – 1850，提出了更为重要的反对意见，他证明了消毒过的器皿缺乏氧气，而氧气是发酵和腐烂所必需的。对食品工业来说十分幸运的是，一位法国厨师阿珀特 N. Appert 1750 – 1841 不顾在理论上进行的这场争论，应用斯巴兰让尼的技术来贮藏食物。他把食物放在干净的瓶中，密封加热到水的沸点。他的技术记载在 1810 年出版的一本书中，它宣告了罐头工业的开端。

具有讽刺意味的是，在十九世纪中，人们对于发酵过程的知识不断增加，化学也取得了很大的进展，但这些进步却对自然发生理论提供了进一步的支持。虽然反对自然发生理论的实验愈益精细，日趋完善，但是，自然发生理论的支持者们仍然向这些作为反证实验的普遍适用性挑战。施旺重复了斯巴兰让尼的许多实验，并作了细致的改进，除了加热培养基外，还增加了加热空气这个条件。为了证明“生命要素”并

没有被折磨出加热过的空气，他用实验表明了青蛙在这样的空气中仍能很好地生活。但是，施旺的工作中存在着某些技术问题，而且他的结果并不总是始终如一和能够再现的。舒尔策 F. Schulze 1815－1873 做了另外一些尝试，他把空气通过浓的氢氧化钾溶液或浓硫酸来纯化微生物空气。他的结果似乎是十分令人信服的，但是重复这些实验却得不出明确的结果。因此，批评者仍然坚持认为试验装置把生命要素都折磨掉了。

在论战中，施罗德 H. Schröder 1810－1885 和达希 T. von Dusch 1824－1890 引人了一种新的方法，通过一根装有棉花的长管道，过滤进入可腐烂培养基的空气。虽然，对于反对者们来说，应该说这种处理已经是足够温和，可以认为满足了。可惜只是它却不能保证成功。确实，有些试验用的培养基总是变质。由于任何一个明显的自然发生的例子，都能让这个理论的支持者坚持认为自然发生只有在特殊的、有利的、也许甚至要在各方面都适合的条件下才可能发生，因此在论战中反对者们始终处于劣势。

巴斯德和普谢的论战

自然发生说最强有力的保卫者之一是普谢 F. A. Pouchet 1800－1872(原译为普歇)，他是鲁昂 Rouen 自然博物馆主任，许多学术团体的成员，一个十分有名的植物学家和动物学家。从 1858 年起，他向巴黎科学院提交了一系列论文，都是要为自然发生说或"异生说"提供证据。1859 年，他发表了一部约七百页的巨著《自然发生论》。此书详细地论述了他的基本原理和实验。这部著作充分地证明了廷德尔 Tyndall 总结的普谢的性格特点："热心、勤奋、有学问；不但充满了科学性，而且更多地充满了形而上学的热情。"

普谢相信，大自然把自然发生作为生物繁殖的一种方

法，这一点是不言而喻的，因此他的实验设计，不是去确定是否有自然发生的现象，而仅仅是去发现这个过程发生的方法。普谢的假设同布丰和尼达姆的十分相似。他不是让生命从分子的偶然聚集或在矿物质的溶液中从头产生。自然发生需要一种从先前已存在的生活物质来的生命力，并只能在有机物质和溶液中产生，而这种有机物质和溶液也必须来自生命体，因而其中已保留有生命的特性。按照普谢的说法，推动自然发生的条件是有机物、水、空气和适当的温度。这些必须 247
条件的变更，将影响所产生的有机体的类型。因此，在一系列用来试验某一因子对生物自然发生影响的实验中，必须依次地排除每一因子的变化。在普谢的手中，所有关于自然发生的标准实验，都得出了肯定的结果。正如有些园艺家由于有着天赐的“绿色的大拇指”而什么东西都能种好那样，普谢显然具有“活力论者的大拇指”。普谢像他的主要反对者巴斯德那样，是一个精力充沛，非常热情的实验家。但是最后，巴斯德却迫使他的对手不得不接受这样一种观点，即空气中微生物的存在才是关键性的问题。

当贝尔纳、米纳－爱德华兹 Milne－Edwards、杜马 Dumas 和其他人都在批评普谢的工作时，只有巴斯德一个人把精力集中于论战的实验基础上。他在发酵问题上所进行的工作，已经向他表明，“酵素”实际上是生命有机体。他确信空气是这些微生物的来源。巴斯德论证说，严密的实验方法，使一个 248
明智的人必然得出不可避免的结论：“就目前科学的状况来说……生物的自发产生只能是个幻想。”在目前的环境条件下，微生物的自发产生是不可能发生的。以前所有的企图支持相反意见的“证据”都是实验室中产生的赝象以及由于粗心和实验技术不够精细而引起的结果。显然，巴斯德的实验并没有涉及到生命最终起源的问题，但是它证明了在目前所

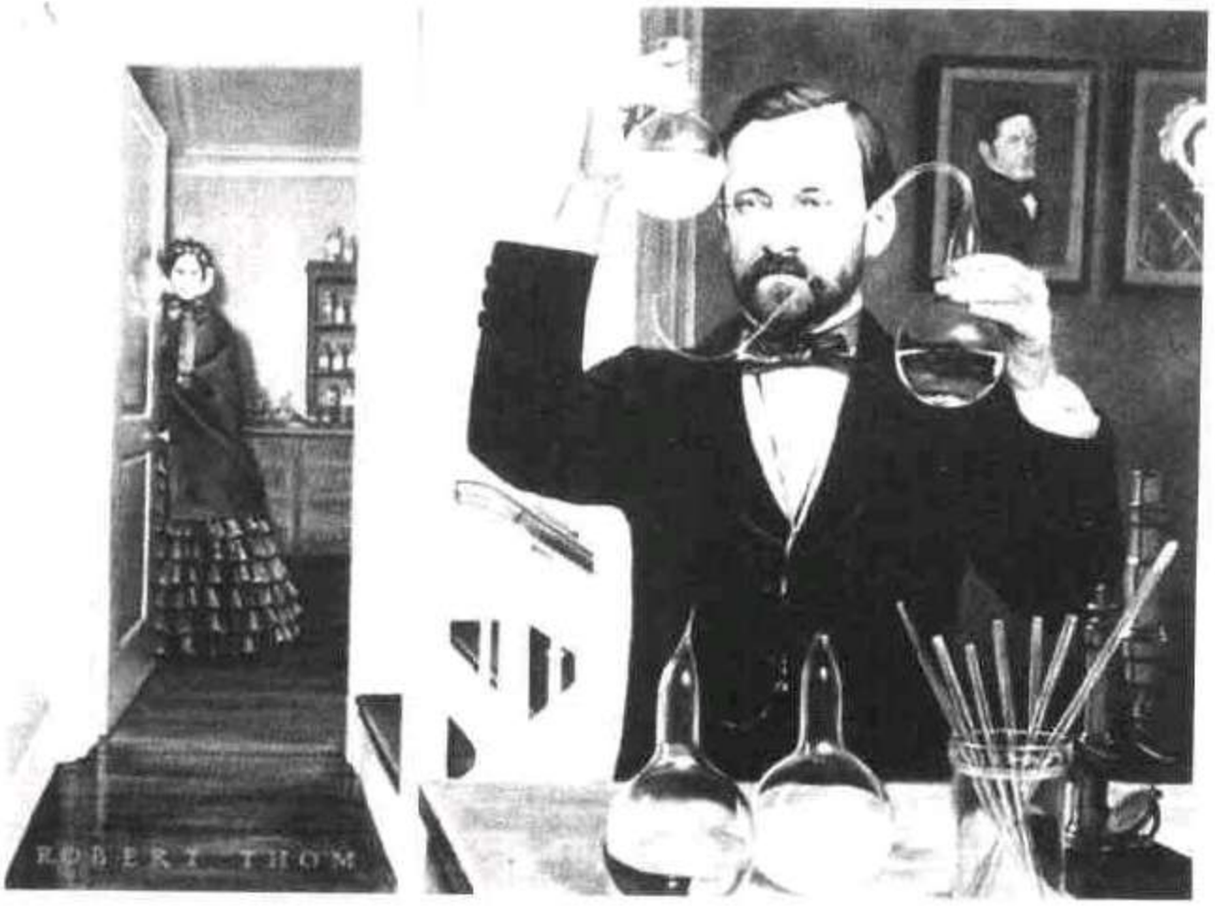


图 10－2　手握着曲颈烧瓶的巴斯德
派克·戴维斯公司　1962

能有的条件下，微生物是不会从消毒过的培养基中从无到有地重新自然产生出来的。

在长达二十多年的时间中，巴斯德一直坚持了关于酵素性质的实验，并且同那些压抑不住总要跳出来的生物自然发生学说的支持者论战。他研究了酵素的起源，空气中的微生物，它们在自然界的分布，以及培养和繁殖这些微生物的方法。他认为最重要的是演示空气能够携带微生物。如果同发酵相关的微生物是由空气带到基质上来的，那么就可能在基质上发现它们。这个设想通过棉花过滤空气从而捕获灰尘颗粒得以证实。先把棉花在酒精和乙醚的混合液中漂洗，然后

把漂洗下来的灰尘收集起来，再放在显微镜下观察。在这些灰尘颗粒中除了无机物质外，还发现了各种各样的微生物。其确切的数目和种类随温度、湿度、空气的运动以及其它环境因子的不同而变化。巴斯德进行了大量的实验，来证明空气中的微生物数目由于时间季节和地方场所的不同而发生很大的变化。在医学院的空气中微生物的含量很高，而高山的空气中其含量就很低。巴斯德和普谢两人都在山上爬上爬下，攀登冰川，来检验不同种类的空气。巴斯德甚至设想利用气球升到高空，来得到比普谢获得的更高地方的空气。普谢检查了来自许多地方的灰尘，包括来自自然博物馆、鲁昂大教堂屋顶、尼罗河岸、拉曼斯二世墓、杰日大金字塔中心室的灰尘。不用说，他的观察始终与巴斯德的十分不同。

巴斯德最简单，也是最令人信服的实验之一是“曲颈烧瓶”实验。把一个烧瓶放在火焰上拉出弯曲的、特别的长颈。如果把液体放在这样的烧瓶中消毒，那么尽管普通的空气能自由进入烧瓶中，但瓶中的培养液将仍然保持无菌而不会变质。带菌的灰尘颗粒在长颈弯曲处被拦住了，因此培养液就仍然保持不会受到微生物的浸染。但是如果把曲颈瓶倾斜一下，让培养液通过弯曲部，或者把长颈打断，那么培养液很快就会充满微生物。

巴斯德用各种各样的培养液进行实验，证明了即使是最易分解的液体，例如牛奶、血液、尿液，如果得到适当的处理，也能长时间保持无菌状态而不变质。他还证明了，微生物能在简单的、有固定成份的培养基上生长，而某些微生物只能在缺氧条件下生长。巴斯德承认，即使他可能会犯错误，但他还是要争辩说：微生物总是保持着同原来的类型一样，不会简单地突变成另外一些不同的种。他写道——

有一个时期，也许由于物种突变的思想无需严格的实验来验证，因此人们很乐意地接受了这种思想。回顾一下我的研究过程也是很有趣的……我也曾在某种情况下相信过一种有机体会转变成另一种有机体……这一次却是我错了：我没有能够避免造成幻觉，当时我那对微生物理论有限的信心曾经常引导我想发现一些另外的观察结果。[8]

在这些年中，关于空气中带菌灰尘的实验，曾以一种特殊的方式影响了巴斯德的某些日常行为。他从来不会不认真检查并仔细揩擦就使用一只玻璃杯或一个盘子。他的传记作者瓦勒里－雷多特 Vallery－Radot 曾说过，“任何微小的污迹斑点都不能逃过他的近视眼。无论在家里或同客人在一起，不管他的女主人感到多么焦虑和惊奇，他总是要把这一套消毒手续履行到底……”

通过大量富有成效的实验和许多言辞尖刻锋利的论战，巴斯德有效地摧毁了生物自然发生学说，而这种学说作为一种时髦的东西曾占过统治地位。1862 年，巴斯德由于这一工作而获得了科学院的奖金。但普谢却起来向他的结论挑战。因此，科学院指定了一个委员会来解决这场争论。

在巴斯德和普谢进行最后摊牌前，巴斯德在巴黎大学举
250 行了一次特别演讲，讨论了生物自然发生的问题 1864 年 4 月 7 日。他告诉在座的科学家和其他各界人士说，人类现在正在思考着一些重大的问题：“关于人种是统一的还是多样的问题；关于人类的产生是在一千年前还是在一千个世纪以前的问题；关于物种是固定不变的，还是一个物种缓慢而逐渐地演变成另一物种的问题；关于物质的永恒性问题；关于上帝

图 10－3　普谢　引自同图 10－1

是不必要的这个概念的问题。”他这次演讲的主题是同样重要的，“如果没有先于生物而存在的、同生物相似的东西，生物能够自己产生出来吗?”然而只有用符合逻辑的和认真的实验才能得到解决。他把一种有机物的浸液拿给听众们看，他说：“这里面的液体犹如蒸馏水一样清澈，但它的多变性却极大。”如果暴露在空气中浸液不久就会充满微小的生命。但是同样是这些物质，如果放在烧瓶里正确地消毒以后就会仍然保持这样清澈不变。当把这种烧瓶拿给听众看时，他如在演剧般地吟诵道：

> 我从无限的创造物中取得了我这一滴水，它充满了适合低等生物发育的要素，自从几年前开始这些实验起，我就等待着、观察着、疑惑着、乞求着它为我重演创造生命的壮丽景象，但是它却默默无声。它默默无声，是因为这些实验早在几年前就已开始；它默默无声，是因为我把它与人类唯一不能生产的东西隔离了开来，即与浮在空气中的微生物隔开，即与生命隔开。因为生命就是一个微生物，而微生物也就是生命。受到这样一个简单实验的致命打击之后，自然发生将永远不得翻身。[9]

1864 年 6 月 22 日，在皇家植物园自然博物馆切维尔 Chevreul 的实验室里，为巴斯德和普谢安排了决定最后胜负的摊牌。巴斯德准备了委员会所要求的六十种浸出液，但是普谢拒绝进行相似的实验，并退出了论战。因此，巴斯德由于对方缺席而获得了这一回合的胜利。不过，甚至到了十九世纪七十年代，只要一听到有人对这一场老的论战表示共鸣时，他就常感愤怒。当巴斯德知道贝尔纳已经公开表示酵素发酵时可能不一定需要活的酵素时，他就进行了一个重大的实验，来反驳这一观点。八月份，当酵母菌还没有同葡萄接触时，巴斯德就请人建造了一些温室，把他的这个葡萄园全都封闭起来。待到十月收获时，这些葡萄如果不加酵母菌就不发酵。这些实验，如同他其余的事情上表现出来的一样，充分证明了巴斯德的天才和表达能力。

生物自然发生说最后的主要斗士是巴斯蒂恩 H. C. Bastian 1837 – 1915，他是一本一千页的大部著作的作
251 者。他谦虚地把书名定为《生命的起源》。根据巴斯德的学生达克劳克斯 Duclaux 所说，“巴斯蒂恩博士是个有点韧性、思

想丰富的人。在实验方法上，如果谈不上有什么才能，至少也是很热爱的。”他为自然发生说战斗了四十年，写了大量的论文和另外六本书。他所宣称的“原生说”表明生命从无生命物质甚至是最简单的溶液、从无到有地产生着。他的论述胜过了其他的自然发生论者。巴斯蒂恩对他的理论的过分宣传，促使了巴斯德以及他的后继者进行更严密的实验。通过新的深入的观察，他发现了某些微生物具有巨大的耐热性。

1877 年，巴斯德写信给巴斯蒂恩说——

> 您是否知道我为什么如此迫切地希望同您论战，并要战胜您？这是因为您在这一种医学学说方面是主要的真正的能手之一，而我坚信这个学说对于医学的进步来说是致命的，因为这个学说竟然认为一切疾病是自发产生的。这是一个错误，我再重复一遍，这是严重危害医学事业进步的错误。从预防和治疗的观点来看，内科医生和外科医生的命运，取决于他们接受哪一个原理——疾病是自发产生的，还是不能自发产生的？——要前一个还是要后一个。[10]

他也许还应该加上，病人的命运就更是如此了！

廷德尔 John Tyndall 1820 - 1893

进一步对实验作了细致改进的是廷德尔。他是一位英国物理学家，曾研究了颗粒物质的光学特性——光的散射性即“廷德尔效应”。由于受到巴斯德工作的鼓舞，他在伦敦皇家学院的演讲 1870 年 1 月 20 日中以及在《泰晤士报》的专栏上，发表了关于在空气中有微生物的观点。巴斯蒂恩恶意地攻击廷德尔，警告他把这个问题让给生物学家和医生们去研究。廷德尔长期进行了一系列关于消毒方法的实验，并写成了一

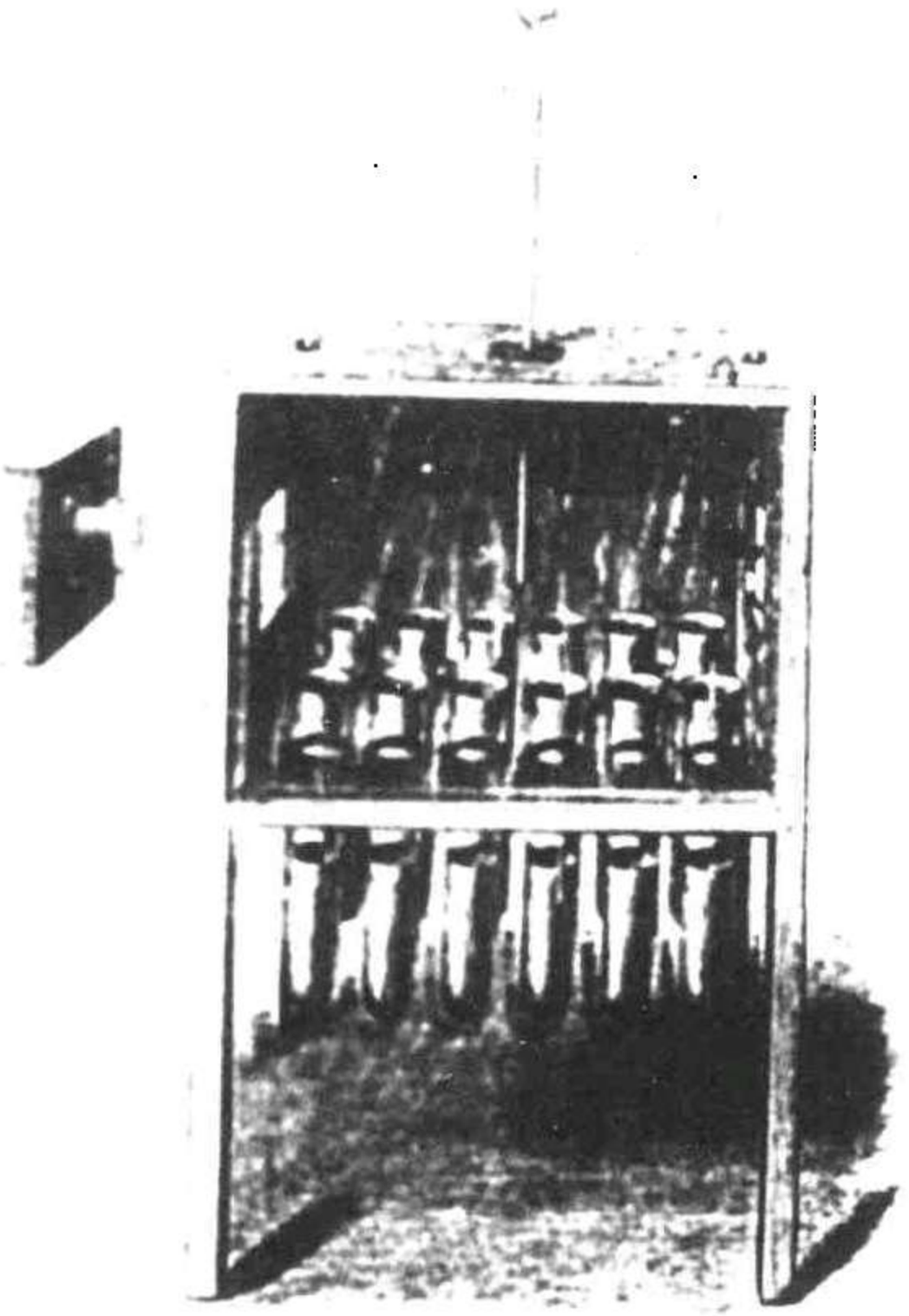


图 10－4　廷德尔的培养箱　引自同图 10－1

本书，称为《与腐烂和感染有关的空气飘浮物质的试验》1881。廷德尔发明了一种在一个小室中用灰尘颗粒所散射的光来度量气体光学活性的仪器。小室中涂有一层甘油以捕获和吸收灰尘颗粒，这样使得气体在“光学上是空洞无物的”。通过一只漏斗给试管充入某种适当的浸出液，然后把试管浸入沸水浴盆中。被试验的液体有：箬鳎鱼、鳕鱼、大菱鲆、鲱鱼、野兔、兔、野鸡、松鸡、羊肉、牛肉、肝和萝卜的浸出液以及尿液。廷德尔对细菌的抗热性作了进一步的试验，发明了通过不连续加热进行消毒的分级消毒方法，就是今天众所周知的间歇灭菌法 tyndallization。他证明了活动的细菌很容易被热杀死，但是它们的孢子却有很强的抗热性，在加热消毒后仍然可能存在。在第一步灭菌消灭了活动的细菌后，廷德 252
尔让浸出液冷却，然后再对它加热。他发现，分五次不连续地加热煮沸一分钟，就能够杀死本来能够抵抗连续煮沸一小时的细菌。这些实验，以及廷德尔对实验所作的令人信服的解释，对于摧毁自然发生的思想和创立疾病的病菌说都很有帮助的。由于这些工作，图宾根 Tübingen 大学授予廷德尔荣誉医学博士称号。

廷德尔写信给巴斯德，说他已经决定“为科学服务，同时将像您一样公正”地同巴斯蒂恩斗争，因为巴斯蒂恩正在英国和美国公众中传播“混乱和有疑问的观点”。在信中他对巴斯德的工作表示钦佩，他写道——

> 在科学史上，我们首次有理由抱有确定的希望，就流行性疾病来说，医学不久将从庸医的医术中解放出来，而 253
> 置于真正科学的基础上。当这一天到来时，我认为，人类将会知道，正是您才应得到人类最大的赞扬和感谢。[11]

这位物理学家和化学家为医学界做出了非凡的贡献，这是十分不容易的，因为当时的医学界中大多是些顽固而极端保守的人。能真正理解巴斯德工作的意义并能在实际工作中加以应用的人为数极少，消毒外科的创始人利斯特 J. Lister 1827－1912 是其中一个。

1870 年，赫胥黎创造了“生源说”biogenesis 这个词来表达这样的概念：即生命始终来自先前已经存在的生命。随着微生物的真正性质被逐步揭示，下述思想也日益明显：微生物不可能是一团简单的，能从死的有机体的腐烂中产生的有机物。即使是最简单的微生物也是如此复杂，不能简单地像晶体那样从溶液中结晶出来。噬菌体和其它病毒的发现使得这一思想重新流行起来。即使拿病毒来说，虽然其体积非常小，但其结构也相当复杂，并且有一套确定的复制机制。但是许多人认为既然在地球上生命不是一直存在的，那么它就必然在某些点上“自发地产生”，因此他们仍然把自然发生看做是必然的。

按照许多认真思考生命起源的科学家所说的，由于某种未知的原因，在“原汤”中，必然发生过像自然发生那样的过程。1924 年，苏联的一位科学家奥巴林 А. И. Опарин 曾提出过一种生命如何从古代原始海洋的有机物溶液中产生出来的化学进化解释。当时的地球还很年轻，与今天的地球完全不同。福克斯 S. Fox、尤里 H. Urey 和米勒 S. Miller 曾用实验对这种可能性作过研究。奥巴林指出：“生命的起源不是某些‘幸运机遇’的结果……而是物质进化的必然阶段。”[12] 在探索火星中，一个重要的问题就是在那里是否也产生过生命。

三　疾病的病菌说

历史的回顾

第一个提出流行性疾病是由“微生物”germs 引起并进行传递的虽然并不是巴斯德，但是他却以杰出的工作证明了这个理论的科学基础，从而引起了医学的革命。他的工作简洁明了，具有科学的严密性，对于那些在现实中根本接触不到纯粹科学争论的人们具有显著的吸引力，它影响和鼓舞了许多人。巴斯德用科学的理论代替了关于疾病传染的古老的、模糊而混乱的概念。

早期关于疾病传染的概念，实际上同疾病毫无直接关系，“疾病传染”contagion 一词是指通过接触而传病这个一般概念。正如热和冷可以传递给邻近的物体一样，腐烂、不洁、腐坏，甚至连疾病也可以这样传递。在原始社会人口稀少的情况下，流行病也许是很少发生的。但是后来人口密度增加 254
到足以发生流行病时，它们可能曾经变得极其恐怖。许多人认为，疾病是神祇们送来惩罚人类的罪孽。但是巴比伦人似乎已经掌握了某些疾病同昆虫携带者有关的知识。有些哲学家、诗人和建筑师对下面这种可能性很感兴趣：即疾病很可能是由于接触了病人或被污染的物品而获得的。但是希波克拉底派的著作者们却并非是如此看法。这派的内科医生排斥关于传染的概念，也否定传染与心灵感应、巫术具有原始形态的联系。在寻找所有这种现象的自然起因时，科学家们逐渐运用自然界的原因来代替超自然的和宗教的解释，尽管这些自然界的原因看起来是很奇怪的，例如他们认为彗星、日蚀和月蚀、洪水、地震或较为重要的天象失常，使空气受到了“有害的影响”即受到污染等等。

令人惊奇的是，早在 1546 年，就有一位内科医生曾经阐述了关于疾病的病菌说。法拉卡斯托里斯 H. Fracastorius 约 1478 – 1553 在观察十六世纪侵袭意大利的梅毒、鼠疫、斑疹伤寒以及口蹄疫等流行病后，他向自己发问道：“传染到底是怎

么回事呢?"他的答案出现在《传染、传染病及其治疗》一书上。1530年，法拉卡斯托里斯还发表了一篇关于梅毒的经典论文——《梅毒：即法国病》，后者是这种疾病的通俗名称。他首先分析了"传染"这个术语的惯用法，进而给"传染"下了一个他认为更为科学的定义。他指出，传染是"由感觉不到的颗粒的感染所引起的某种极其精确地相似的腐坏，它在一定组合的物质中发展，从一个事物传到另一个事物"。传染可能有三种不同的基本类型。第一种是只能通过直接接触传染。第二种也由接触传染，但同时它还能通过"非生物媒介"——如衣服、亚麻布、器皿等等进行传染，它们携带了原先引起传染的微生物去感染另一牺牲者。在第三个种类中，传染不但能通过直接接触和非生物媒介传递，而且还能远隔一段距离而进行传染。传染性发热、结核病、某些眼病和天花似乎就属于第三类。

法拉卡斯托里斯把第一类疾病比作为发生在水果中的腐烂或感染现象例如从葡萄传到葡萄或从苹果传到苹果。他注意到疾病可能是特异性很强的，它只感染树木，或者只感染人、牛、马等等。有些疾病仅感染小孩、成年男人或女人或老人。有的疾病只浸染身体的某个特别部位；而其它的某些疾病则会浸入身体的每一角落。于是他问道，是否所有的感染都是"一种腐烂，而腐烂本身却并不是感染？……"[13] 腐烂、发酵和感染三者之间的联系，将成为值得探索的研究方向。

遗憾的是，法拉卡斯托里斯在医学文献中虽然占有某种荣誉的地位，但他的理论后来却被忘记了。他的书成了经典著作，就是说，医生和科学家们都知道这些著作的题目，可是没有一个人去阅读它。后来，十九世纪的科学家不得不重新去发现许多法拉卡斯托里斯早就知道了的东西。

显微镜的发明以及列文虎克对微小动物的发现，重新激发了人们去注意那由看不见的小动物引起了疾病的古老观

念。早在古罗马就有作家表达过这种观点。瓦罗 M. T. Varro 公元前 117 - 前 27 在他那百科全书式的著作中，讨论了选择房屋建筑地点的卫生准则。潮湿的地方是危险的，因为在那里可能有小动物生活着。虽然这些小动物是如此之小，以致人们不能看见它们，但它们却会“通过口和鼻孔进入身体，引起严重的疾病”。

这些在微生物理论方面的功绩却遭到医学界长期的忽视，这在我们看来是非常反常的。如果我们认为理论应当由它的成果来判断，那么我们也许就会觉得，这种违反常情的现象就并非单单是由于错误引导而致的愚钝情形了。正如希波克拉底所说，在医学行业中，某种理论只有当它在实践中获得了成功，才能被证明是正确的。总的来说，通过微小的疾病“种子”进行传染的思想，在十九世纪后半期以前，一直没有被证明是十分有用的。为什么模糊而有害的理论，在医学界中却能如此顽固地保留着它们的地位，这是另一个独立的问题。传染理论导致人们进行检疫、隔离和消毒的尝试，但这些手段并不总是成功的。确实，对黄热病、斑疹伤寒、霍乱等流行病，人们提出的流行病学措施毫无效果。这些疾病似乎更像是由已受毒害的空气进行传布的，而通过隔离病人的方法并不能阻止空气的流通。因此许多非常杰出的科学家和医生都反对关于流行病的传染概念而宁愿喜欢瘴气理论。

1840 年，亨利，一位杰出的德国病理学家、生理学家和解剖学家，发表了他对于“瘴气性疾病、传染性疾病和瘴气 - 传染性疾病”三者关系进行考察的结果，使关于疾病的传染理论再次充满生气。他认为疟疾是一种纯粹的瘴气性疾病；天花、麻疹、猩红热、斑疹伤寒、流行性感冒、痢疾、霍乱、鼠疫和产褥热是瘴气 - 传染性疾病；而梅毒、兽疥癣、口蹄疫和狂犬病等则只能通过传染而产生。他明确地把“疾病”的概念与

"寄生虫"的概念区别开来，把传染的物质基础定义为有机的、独立生活的存在物，"这种存在物同有病动物体的关系就像寄生物同这种存在物的关系一样"。传染本身并不是疾病，它只是疾病的诱导者或原因。[14]

亨利由于接受拉图尔 C. Latour 和施旺关于发酵的思想，因而把传染的作用比作发酵。施旺和亨利在同弥勒 Müller 交往期间曾是朋友。亨利的思想激起了人们去研究那些引起疾病的看不见的寄生有机体。对仔细研究病菌说的困难，亨利确有先见之明。他认识到：发现了同某种疾病有关的某些因子，并不能证明它就具有致病作用。这种因子还必须从患病
256 者体中分离开来，并加以培养。这样，亨利实际上已接近于画出了通常被称为"科赫准则"的轮廓。严格地建立病菌说的关键是方法问题。用炼丹术士梦见质变的方法，微生物几乎在一夜间就改变了特性。但要得到纯的培养物却是一个十分困难而又冗长乏味的过程，除了最细致的实验家外，几乎无人可能得到。要定出适当的消毒和培养步骤，需要事先了解和信奉微生物的理论。考虑到十九世纪末还使用原始的方法，人们觉得新的微小动物像是从专门为它们制备的美味肉汤中、从红肿发炎的伤口中自发地产生，这是毫不奇怪的。

巴斯德和疾病的病菌说

巴斯德敏锐地看出了接受自然发生理论与阻碍医学和外科发展之间的关系。必须彻底地战胜自然发生论的辩护者，如巴斯蒂恩和普谢，否则他们的学说就将成为支持关于疾病的病菌说的科学家同保守的内外科医生之间斗争的永久性根源。医生们被某些人宣称的自然发生理论搞糊涂了，他们倾向于排斥整个病菌说，或者仅仅把这种理论看作一种偶然发生于实验室中而与临床医学没有关系的稀有现象而不予考虑。

关于晶体的研究给巴斯德带来了完全没有预料到的结果，即为巴斯德研究酵素以及酒、啤酒、醋的"疾病"打下了基础。不久，他被邀请去拯救法国的丝绸工业。当时有一种奇怪的疾病，使得法国蚕丝业者陷入了绝望的困境。虽然巴斯德在这以前从来没有看到过一条蚕，对于这种生物一无所知，但是他就像往常一样，精力充沛地开始学习所能学到的关于这种新疾病的知识。1865 年到 1870 年之间，他把全部精力都用在这个长期的、复杂的研究工作上。这个研究并非只是牵涉到一种简单的微生物，其中牵涉到两种病原微生物，同时，还必须把联系在一起的与微生物有关的营养和环境影响等问题一一清理出来。在揭示了蚕病的起因后，巴斯德终于提出了在工业上能够采取的措施，从而使丝绸工业能摆脱这个困境。不久，由于应用了巴斯德用显微镜进行仔细检查的方法，使纯净的"种子"即蚕卵得以传遍整个欧洲和日本。显然，即使在像蚕这样低级的动物中，"疾病"也涉及到寄主、微生物和环境等因素之间复杂的相互作用。

巴斯德从研究蚕病开始，逐步地解开了较高等动物疾病的谜，最后征服了人类的狂犬病。但是，他的工作却几乎被个人生活中的一系列悲剧所打断——年轻女儿的夭折，儿子在战争中的痛苦经历，甚至还包括突然的中风使他在部分瘫痪中度过余生。

1868 年 10 月 19 日，巴斯德觉得身体左侧有种特别的刺痛感觉。随着这一早期症状而来的是完全丧失说话能力，以及忽来忽去的麻痹。不久，情况就明显了，巴斯德患的是脑溢血，这病渐渐夺去了他整个左侧身体的活动能力。医生建议他在耳后安放十六条水蛭，可导致血液充分流动。在他患病的整个经历中，脑子都仍然很清晰，也很活跃，他还希望谈论一些科学问题，这使他的医生大为吃惊。他对一位朋友说：

“现在就死的话，那实在是太遗憾了，我还要为我们的国家做更多的工作。”在死亡似乎不可避免的那个星期中，巴斯德还口述了一份备忘录，论述了他富有独创性的试验，如何检查发现刚刚开始染到疾病的蚕卵。到一月底，他已经重新恢复了关于蚕的研究。后来他在石头地板上又跌了一跤，这次跌跤延迟了他身体的复元，但并没有影响他的工作。

炭疽病和鸡瘟疫苗 1877 – 1879

巴斯德对微生物进行了二十年的探索研究，从 1877 年起开始研究高等动物和人类的疾病。尽管他有杰出的成就，但巴斯德仍然面临着保守的医学和兽医行业的人对他的巨大敌意。他们把他看做是一个局外人和革命者。即使他的工作作为“纯科学”中的“实验室训练”而被人们接受了，但是富有经验的医生争辩道，它在“现实的”生活中毫无价值。甚至正当一位名叫科赫 R. Koch 的无名德国医生关于他的情况后面还要详述在对炭疽病的病源提出严密的证据时，巴斯德就已开始在从炭疽的“灾祸”中拯救法国的牛、羊和农民了。

在法国的许多省，农业由于遭到一种神秘的疾病这种疾病有各种叫法，例如炭疽、脾脱疽或者炭疽病的袭击而受到极大的破坏。在博斯 Beauce 省，100 只羊中约有 20 只死于这种疾病，而在奥弗涅 Auvergne 死亡率达到 10 – 15%。有些农场受这种灾祸特别强烈而被称为“炭疽农场”。这种病一发作，病羊就耷拉着脑袋步履蹒跚地落在羊群的后面，浑身颤抖、气喘，直到瘫痪。接着便是出血，有时初发症状后几个小时便死亡。死亡的动物很快就肿胀起来。把尸体解剖开，可以看到病羊的血液是黑色而黏稠的，脾脏也变黑，而且呈液体状。这种疾病的死亡率是如此之高，当它侵袭俄国的一个地区时，在短短的三年内 1867 – 1870 年就造成了五万六千头牛的死亡，许多马、羊、公牛也都未能逃脱死亡的命运，甚至还包括了

528 个人。

有几个显微镜学家注意到，在死于炭疽病动物的血液中，存在着一种杆状细菌，它比杆菌稍微大一点。炭疽病的致病因子出现在血液中，其数量是如此之大，以致直接检查血液就很容易发现。1850 年，戴维因 C. J. Davaine1812 – 1882 和雷伊尔 P. F. O. Rayer 1793 – 1867 在死于这种疾病的羊血中，发现有一种"丝状"体。戴维因阅读了巴斯德关于丁酸发酵的论文后，认为自己的观察也许具有重要的意义。1863 年，戴 258
维因检查了死于炭疽病羊的血液，并把这种血液接种到一些兔子体内。如果丝状体不存在，炭疽病血就不会感染。在探索细菌和疾病之间的关系时，戴维因在有严格地域性的人类炭疽病所特有的"恶性小疱"中发现了同样的杆状细菌。在其它实验中，他用水稀释了患炭疽病动物的血液，然后沉淀二十四小时，再用上层的清澈悬液和下面含有细菌的沉淀液给豚鼠注射。结果只有下层液体才能传递疾病。尽管戴维因的探索给疾病的细菌理论提供了有力的支持，然而由于在他的工作中有许多漏洞，这些漏洞就被批评者们极大地夸大。而且，其他的科学家，在注射了炭疽病血液的兔子中并没有发现丝状体。

甚至在科赫对炭疽病病原学作出了第一流的工作以后，这场斗争也还继续着。1877 年，伯特 P. Bert 1833 – 1886 宣告，氧气能消灭炭疽杆菌，但是这种血液仍然能引起这种疾病。因此，他断言说，这些杆菌不是炭疽病的致病因子。这些论战把巴斯德也卷了进去。巴斯德进行了一百多次的转移，分别在肉汤和尿液培养基中纯化了这种细菌。他发现只有在所有这些转移中增殖的活有机体才能是毒性因子。稀释的程度是如此之大，原来样品中的无生命毒物已不可能存在。确实，这些细菌在培养基中生活得极其良好，其繁殖的数量是如此之

多，以致正如巴斯德所描写的，当这个培养过程结束时，“培养液中细菌的密度是如此之高，以致用肉眼看来，整个培养液就像是梳碎的棉花混合在肉汤内似的”。[15] 像在戴维因的实验中一样，巴斯德证实了如果把这些细菌过滤掉或使之沉淀，那么，剩下的清液是无害的。

在肯定戴维因和科赫两人研究成果的同时，巴斯德还澄清了一些当时尚未解决的争论与模棱两可的问题。有些混乱是由于实验中使用的是死亡已久的尸体而引起的。因此，他们的豚鼠是被腐败细菌而不是被炭疽病所杀死。由于“脓毒性弧菌”是一种厌氧微生物，因此它在暴露于空气的培养基中就被消灭了。从而巴斯德使伯特信服地认识到自己对实验的解释是错误的。

炭疽病和鸡

一位反对巴斯德理论的人，曾对巴斯德关于母鸡不会生炭疽病的论断提出异议。但是，这位科林 Colin 博士却不能为巴斯德提供患有这种疾病的母鸡。他的辩解是有漏洞的，例如宣称他的实验用鸡被狗吃掉了。巴斯德在迫使他那极为狼狈的对手坦白了此事后，他为医学院演示了一只母鸡如何遭
259 受到炭疽病的实验。巴斯德提出一种假设说，母鸡不患炭疽病是因为母鸡的体温要比患这种病的动物高出好几度。他把一只接种过的母鸡浸于冷水浴盆中来检验这一假设。这只母鸡立刻患这种病而死亡。在对照实验中，他拿出两只活母鸡，一只不予接种，但给洗冷水浴；另一只接种两次而不给洗冷水浴，结果都没有生病。在另一实验中，他给一只母鸡接种后，放在冷水中直至患病，然后拿出来干燥，使之温暖，结果这母鸡完全得以恢复。

尽管有这些巧妙的实验足以证明巴斯德理论的正确，但是，内科医生和兽医们却仍拒不承认它们同医学的关联。他

们争辩道，疾病是在动物体内产生的，由疾病产生了脓毒性物质，然后也许由这些毒物变成了微生物。

鸡霍乱和科学免疫学的开端

巴斯德除了研究炭疽病外，还研究鸡的霍乱病。这种病除了它强烈的感染毒性和死亡的快速性与人类霍乱相似外，其它方面同人类霍乱病丝毫无关。鸡得了这种病后，就像打瞌睡摇晃着身子或者就站立不动，第二天便倒地死亡。其它的鸡，当吃了被病死动物排泄物沾污的食物后也会立刻同样地受到感染。有时家禽群的死亡率竟高达百分之九十。有几个兽医注意到，在这种动物尸体中有种"肉芽"或称为微小斑粒的东西。巴斯德经过几次尝试后发现，这种微生物能够在用鸡软骨做成的培养基中培养。一滴小小的新鲜培养物将迅速杀死一只鸡，但是这种微生物在豚鼠中只引起一个小小的溃疡或脓肿。

巴斯德在研究这种疾病时最值得庆贺的一个偶然发现是：当某些鸡用老的培养物接种时它们几乎都只有些轻微症状并且很快就完全恢复了健康；再用新鲜的有毒力的培养物接种时这些鸡对这种病的抵抗力便非常强。不久他就认识到如果把培养物保存一段时间，微生物的毒性就会减弱，甚至全部消失。没有毒力的培养物能在这种条件下继续增殖。这样巴斯德就使他的实验用鸡产生了对鸡霍乱病的获得性免疫能力，这可以同琴纳 E. Jenner 使用牛痘对天花产生免疫相类比。

疫苗与炭疽病

巴斯德在成功地研究出防止鸡霍乱病的方法后，又开始研究对付炭疽病的同样方法。他使用的是那些在研究鸡霍乱病中发展起来的同样技术。不久他就同助手一起驯化了炭疽杆菌。他们把这种细菌培养在温度为 42℃ －43℃的鸡汤中，

在这种温度下不能形成孢子，从而选择出没有毒性的菌株。

在公开论战中，面对众多的反对意见，巴斯德表现了非凡的才能和敏锐。例如：他参加了关于炭疽疫苗的规模宏大的公开演示。在巴斯德宣告炭疽疫苗研制成功前一个月，兽医出版社的一个编辑挑衅性地提出："您想要一些微生物吗？到处都有。微生物学现在正风行一时……从今以后，病菌说的地位必然会在纯粹的临床医学之上；只有微生物才是真实的，巴斯德先生是它的先知。"[16] 几个月以后，正是这位编辑发起了要进行一场公开的试验，或更正确地说是一场关于巴斯德的疫苗的争议。巴斯德的一些朋友和助手对试验的条件感到有点不安，但巴斯德向他们保证说："在实验室中十四只羊身上所成功的试验，也必然会很好地在默伦 Melun 的五十只羊身上成功。"默伦农业学会为这次试验提供了六十只羊，虽然当时巴斯德在母牛上的试验刚处于初期阶段，但巴斯德同意在试验中包含母牛。试验于 1881 年 5 月 5 日开始。在一大群包括许多抱有怀疑态度的内科医生和兽医在内的观众面前，巴斯德把二十四只绵羊，四头母牛，一只山羊作为对照动物放于一边；给另外二十四只绵羊，六头母牛和一只山羊分别用减弱过毒性的炭疽杆菌菌液五滴进行接种。5 月 17 日，巴斯德的助手钱伯兰特 Chamberland 和鲁，用略为更毒一点的培养物给这些实验动物重新接种。

巴斯德和他的助手们并没有空闲着等待这重大的炭疽病演示的结果，而是为了征服另一疾病——当时最令人可怕的苦恼事情——狂犬病而努力地工作着。

巴斯德的一个对手提出，巴斯德将在实验的最后阶段，用一种没有摇匀的培养物来骗人，这种培养物的上层液体是无害的，而其底层充满了细菌。巴斯德对此并不知道。5 月 31 日，当所有的动物都将用一种高度毒性的菌株注射时，试验

的主持人亲自剧烈地摇动毒性培养物，并要求用三倍的剂量进行注射。其他的兽医要求把毒性培养物交替地给接种过的和没有接种过的动物注射，而不是分别先后给这两类动物注射。巴斯德沉着地照着所有这些庸人们的要求去做。注射后，当巴斯德在接种过的动物中看到有最微小的病症出现时，也感到极其焦虑。但是不久，他就高兴地向他的儿子和女儿们报告，对照动物正在死亡，而接种过的动物全部健在。

6月初，这场争议结束了，巴斯德在“令人吃惊的成功”中安然无恙。许多怀疑者，作为“改变了立场，带着忏悔心情的罪人”站到了巴斯德一边。有的甚至自愿对自己进行炭疽病疫苗接种。当时“欢乐充满了实验室和家庭”，[7] 巴斯德是这样写的。

261

对巴斯德的一些批评

巴斯德演示实验的影响是如此之大，以至到1894年为止，就有340万只羊和44万头牛接种了炭疽病疫苗。其中，只有约1%的羊和0.3%的牛仍死于此病。但是，仍有许多人对巴斯德工作的价值提出质疑。这些人并非都对微生物的理论毫无所知。科赫在《德国卫生部工作记录》上发表同巴斯德论战的文章。科赫指责说，巴斯德没有培养纯种微生物菌株的能力，讽刺巴斯德所发现的在传布炭疽病菌时蚯蚓的作用，嘲笑巴斯德关于鸡患炭疽病的实验，甚至怀疑接种疫苗的预防价值。

巴斯德在钱伯兰特赫鲁的帮助下，开始研究法国医院的环境问题。他的同事们注意到，当访问医院和观察尸体解剖时，巴斯德常常会发生剧烈的反应。尽管这种反应使他回家后总很不舒服，但是，第二天他还是来了，他渴望着能对科学做出一些新的贡献。他对产褥热特别感兴趣。在巴黎的一些住院产科医院中，这种病造成许多产妇死亡。不久巴斯德就

发现了在产褥热感染中的一种微生物。当一位浮夸而无真才实学的同事对产科医院流行病的起因大发议论时巴斯德再也抑制不住了，他提出了挑战，决心要建立医学"学问"。虽然他"只不过"是一个化学家，但是他宣称："正是护理和医务人员本人把已感染妇女身上的微生物带到健康妇女身上的。"[18]在同产褥热的斗争中，巴斯德与他的前人萨米尔威斯 P. I. Semmelweiss 1818－1865 和霍姆斯 O. W. Holmes 1809－1894不同，他非常清楚地知道是什么东西传染了这种疾病，因为他已经从这种疾病牺牲者的血液中，看到了这种微生物。

有时，巴斯德在同那些极端保守的同事之间发生争论时，大家都会激动得大发脾气。在医学科学院的一次会议上，哥林 J. Guerin 博士从他的座位上跳起来，冲上去要打巴斯德。一场打架几乎不可避免，会议立即被中断。第二天，哥林派他的助手来要求巴斯德进行决斗以挽回他的名誉。此时巴斯德比平常表现出更强的抑制能力，他向哥林表示道歉，从而结束了这场争吵，很难想像如此勉强地避免了的决斗将会造成怎样的后果——巴斯德重新中风后，从来没有彻底恢复过；而哥林则已经是一个八九十岁的老人了。

狂犬病

狂犬病虽然不是一种常见病，但是给人们的印象却是极其可怕的。据巴斯德回忆，他曾在农村耳闻目睹被患狂犬病动物咬过的狼的嚎叫声和一个这种病人在伤口被烫烙时尖叫的惨景。一般地说，凡得此病，无论怎样治疗，后果总是致
262 命的，病程也很可怕。巴斯德在巴黎圣尤金妮亚 Sainte Eugenie 医院从一个五岁的狂犬病患者身上开始这项工作。在病孩死后四小时，巴斯德收集了他的唾液，并把它注射到两只兔子身上。这些兔子得病而死，这种病具有传染性。当时，巴斯德由于发现一种特殊的 8 字形并有包囊的微生物而误

认为它与狂犬病有关。不久，他认识到这种微生物在正常个体的唾液中同样存在，因此不可能同狂犬病有关。这种微生物实际上是一种肺炎双球菌，能使兔子感染。他没有发现同狂犬病有关的可见因子。

巴斯德和他的同事们发现，从皮下接种或被狗咬到狂犬病的发作有一个很长的潜伏期，这个潜伏期可以通过在狗或兔的硬脑膜下面直接接种而予以缩短。1884 年，巴斯德描述了他对狂犬病作用机理的研究，以及对狗进行预防性接种的方法。最后于 1885 年，他庄严地宣布，对于被患狂犬病的狗咬伤而感染的狗，已经可以制止它再发病了。巴斯德把死于这种疾病的兔子的脊髓悬挂在干燥而消毒过的空气中，终于制成了狂犬病疫苗。约经过两个星期，这种材料实际上已经无害。用一系列从无毒性到有较强毒性的材料对狗进行接种，这种狗即使被患狂犬病动物咬伤，也不会发病。

1885 年 7 月 6 日，九岁的梅斯特 J. Meister 被带到巴斯德处，孩子被狂犬病狗所咬，手、足、大腿都受了伤。别的医生们诊断后都宣布这孩子无望。巴斯德则给他接种狂犬病疫苗——这是巴斯德首次在人类身上所进行的此类试验。尽管病人被咬后已有六十小时，但在巴斯德的治疗下复元了。巴斯德开始时使用了十四天前进行减毒处理的材料，并进而连续注射毒性不断加大的材料。最后，7 月 16 日接种的材料来自死后仅一天的兔子。梅斯特后来成了巴斯德研究院的看门人。巴斯德的第二个病人是朱匹利 J. B. Jupille，一个十五岁的牧羊儿，也同样得到了成功的治疗。这些初步的成功，轰动了整个欧洲，人们纷纷把病人送往巴斯德处——这个世界上唯一能把他们从狂犬病中挽救出来的人。到 1886 年 10 月为止，已经治疗了大约二千五百人。巴斯德估计失败的几率是一百七十分之一。到 1935 年为止，约有 51,057 人在巴黎巴

斯德研究院进行了接种。死亡率约为 0.29%，即总共只有 151 人死亡。

巴斯德在狂犬病的工作上尽管已取得了伟大胜利，仍然还有不少人企图贬低他的成就。他们认为巴斯德的所有工作都毫无价值，只能作为被人嘲笑的话柄。他们对巴斯德进行了一系列责骂，还成立了一个反接种者国际协会。1887 年波利 P. Boullier 富于幽默地问道："你知道巴斯德先生的新治疗法是什么吗？""这种方法根据咬伤严重程度的不同，分别进行十六到四十次的接种，""这叫做接种吗？我把它叫做刺花纹。"[19]

以个人的收益和舒适来说，巴斯德作出了许多牺牲，但对祖国的热爱和人道主义精神使他得到了安慰。他获得了巴斯德消毒法的专利权，如果应用于工业可以为他带来巨大财
263 富，但是他没有从中获得任何利益，为了大众的需要，他放弃了专利。有人曾以非常优厚的待遇邀请他担任比萨大学的化学教授，巴斯德也拒绝了。他仍然留在国内致力于法国科学发展的事业。法国由于在普－法战争中失败而灾难深重，巴斯德强烈地谴责当局由于忽视科学而造成失败，并努力为提高法国的科学和工业水平而工作。

巴斯德在狂犬病工作上的成就受到了国际舆论的赞扬。1888 年，为表彰巴斯德的杰出贡献而成立了巴斯德研究所。不幸的是，当时巴斯德的身体已十分虚弱以致不能亲自在成立典礼上讲话。他的儿子向集会上居显职高位的人士们宣读了巴斯德的讲话。其部分讲话摘引如下：

> ……当今，似乎有两条相反的规律正在相互搏斗着：一条流血与死亡的规律，总是在设想着破坏性和强迫各民族不断地投入战场的新手段；另一条和平、工作

和健康的规律，则总在发展着把人类从围困着它的灾难中解救出来的新方法。[20]

为了这第二条规律，巴斯德贡献出了他的整个生命。

四 科赫 Robert Koch 1843－1910

科赫是德国的一位内科医生，他十分精确而系统地提出了细菌学的原理和技术。他所受的训练，他的性格、气质和工作方法都与巴斯德有很大的不同。科赫生于哈尔茨 Harz 山脉的一个小村庄中。他的父母工作努力、勤奋，又多子女。家里十三个孩子，科赫排行第三。在学校里，科赫不过是一个成绩平庸的普通学生，但他对自然界的研究却有极大的热情。他贪婪地收集植物、昆虫和矿物。他要照管家里的鸡、牛、猪、马、兔和豚鼠，但他还是有时间从事于自己的爱好——照相、下棋和音乐。

大学预科的老师们对他的评价，有“合格”，也有“很好”。但家里却认为他很有希望，因而送他进哥庭根大学深造。在这里，他先学习数学，后转向医学，当时这所大学还没开设细菌学课程。科赫后来回忆说：“我要深深地感谢我原先的那些老师……正是他们唤起了我对研究工作的兴趣。”在学生时期，科赫就表现出科学研究的才能，他的一篇论文“子宫神经中的神经节细胞”曾获得三十道克特[①]的大学奖金。它为科赫参加德国自然学家和内科医生学会举行的一次科学会议的旅程提供了资金。当自己被当做“实验动物”时，他认 264
识到投身于研究的艰难困苦。这种实验需要连续五天，每天吃二十至三十克苹果酸钾、一磅芦笋、半磅黄油这样“可口”

① 过去曾在欧洲通用过的金币。

的食物。1866 年，科赫以优异的成绩毕业后，实际上过的是一种脱离科学界社会的生活，时间达十二年之久。

科赫心中盘算着自己的未来。他希望有一个带有旅游性质的工作，例如做一个随船医生或军医，但是环境条件却迫使他最后踏上了乡村医生的道路。在回家探亲时，经过一种“没有强烈的激动感情”的求爱，与弗兰兹 E. Fraatz 订了婚。他在汉堡总医院当临时助理时，汉堡正遭到霍乱流行病的侵袭。一位病人曾描述过，他看到科赫如何当“早餐‘糊粥’放在旁边桌子上时”，还在研究一些“小肠中的病理标本”。[21]

这位年轻的内科医生所获得的第二个职位，是在朗根哈根 Langenhagen 白痴儿童收容所当内科住院医生。同时，还被获准私人开业。不久，他就有了足够的资金与弗兰兹结婚。不幸的是，1868 年的一次行政改组中断了他的工作，他不得不到愈来愈偏僻的地区去谋求生活。私人开业的业务很忙，但他却始终保持着对研究工作的兴趣。他在诊疗所后面建立了一个小小的实验室，装备有一个孵化箱、水槽、暗室和工作台。他用苯胺染料进行染色。他还有一架蔡斯生产的有油镜
265 的显微镜，以及阿贝发明的照明装置。这一套设备，加上他灵巧的双手，使他有可能获得清晰的细菌图像，并能从他所说的“彩色图”中，区别出“结构图。”

对炭疽病的研究

科赫虽然远离科学社团，但他也经常阅读巴斯德、利斯特以及其他人的著作，并从中意识到他们的工作对医学的意义。因此，他十分明白当时病菌说的支持者和反对者的斗争焦点就是炭疽病。对科赫来说非常有利的是，当时这种疾病正在这个地区的动物中蔓延着。由于这种疾病既侵袭牛、羊，也危害着农民的生命，因此对它进行研究也就成了科赫责任范围内的事情。

图 10－5　科赫　引自同图 10－1

当时有许多研究者在病人和有病动物体内发现了微生物，但由于他们不能把这些微生物培养成纯的菌株，因此病菌说仍然只是一个有争议的假设。科赫认识到关于疾病的病菌说的发展，不仅受到顽固而保守的内科医生和科学家的阻碍，而且也受到那些热情而粗心的工作者所带来的挫伤，这些人的推测往往超越他们的实验结果。当他确信他得到了一种特殊的微生物引起炭疽病的明确证据时，便准备把它发表。为了提交给科学团体，他先把论文寄给科恩 F. Cohn

1828－1898，请他提出建议和批评。科恩是个植物学家，也是对微生物学研究感兴趣的第一位杰出的德国科学家。在试验微生物对各种消毒手段的敏感性时，科恩已发现了一个新种——枯草杆菌，这种菌形成高度抗热的孢子。

1876年，科赫写信给科恩，请他在出版前提出建议。由于他不能一直保持他的实验结果，因此他表示愿意在植物生理学研究所，用几天时间演示他的关键性实验。在得到同意以后，他把显微镜、动物和仪器带到布雷斯劳 Breslau 大学。科赫的演示实验给科恩及其同事们留下了非常深刻的印象。后来，科恩回忆道："在刚开始时，我就认识到他是一位科学研究的大师，没有一个人能够超过他"。不久，科赫就在科恩的《植物生物学文稿》杂志上发表了"从炭疽杆菌生长周期看炭疽病病原学"[22]——一篇具有里程碑性质的论文。

当时的细菌学还处在萌芽阶段，因此科赫的实验装置、仪器都是临时凑成的，接种和观察的方法也都是独创的。早期的方法是把病菌接种在小白鼠的耳朵或尾巴的中部，这个方法很不可靠，因为那些啮齿动物并不会老老实实地和人配合。有时它们会又舔、又擦，很快就把接种物弄掉。事实证明接种在背部或尾巴基部的切口内效果更好一些。科赫应用新
266 鲜的炭疽病材料，能十分可靠地在实验动物身上造成炭疽病。甚至在小白鼠身上经过了二十代的病原体培育，仍旧始终出现这种病的特征性症状：脾脏肿大，在脾脏和血液内能发现大量的杆状体。

炭疽杆菌的生活周期非常复杂，但是一旦掌握了这种知识，也就立即揭露了自然界中这种疾病的秘密。当炭疽杆菌生长在有空气的合适的培养基中时，它们形成了长形、不分枝的线状体，并且产生许多孢子。这种转变可以在显微镜下跟踪。孢子形成的发现，最后解释了为什么在那"受灾"的牧

场中这种病能持久不断流行的原因，即炭疽病菌的孢子可以耐受极其苛刻的条件，并且能在土壤中存活多年。

科赫用临时凑成的许多简单、巧妙而又精致的技术，证明造成这种疾病的原因不是在血液中的某些毒素，而是这种特异的炭疽杆菌。把一小块脾脏培养在一只母牛眼球的水状液中，每隔十至二十分钟进行观察，可以极其清晰地观察到杆菌长成丝、结成网。对丝状体游离端进行连续的观察，可以看到“非常强烈和繁茂地生长的丝状体”转变成为“折射强烈的卵形孢子”。一旦孢子已成为分离状态，这种制备物将保持有几星期不发生变化。这些孢子将在特定的温度、营养、培养基和有空气的条件下变成原来的活跃形式。科赫虽然完全相信，用小啮齿动物所做的实验，能够阐明炭疽杆菌的生活周期和这种疾病的病原学知识，但是他审慎地注意到这种疾病在自然状态下的反刍动物身上同在实验室中的动物身上的症状之间的差别。通常受感染的大动物要过几天才死亡，而实验鼠在二十四至三十小时内就死了。而且，他还发现炭疽杆菌对各不同物种的影响的效果也十分不同。

了解了炭疽病的生活史后，人们便认识到在自然条件下，这种疾病不像由活的杆菌所传播，但是在对患病动物进行屠杀、宰割和剥皮的工人之中这种传播却是可能的。在动物中，这种疾病可能由干燥的杆菌传递，这些杆菌可能存活五星期左右。然而传布此病的最普遍的形式则是通过孢子。科赫报道说，“最令人难以相信的是孢子的抵抗能力，它在干燥、潮湿或潮湿和干燥交替的环境中保存一年仍然具有生命力。”一个死于炭疽病的动物尸体，可以成为无数孢子的源泉。科赫证明了是杆菌本身而不是被感染动物血液和组织中的某些毒素，才是通过牛眼水状液传递的致病因子。经过十至二十代的转移培养后得到的纯细菌培养物，将如同直接从

病羊身上取得的血液那样迅速地杀死一只小白鼠。为了理论的完整，科赫还用他的培养物分别对小白鼠、豚鼠、兔和羊进
267 行试验。所有的试验都表明这些纯粹由实验室培养的材料都能传递炭疽病。

科赫完满地用疾病的病原学原理阐明了炭疽杆菌的作用，因此他提出了许多使动物和人免受这种疾病侵袭的预防措施。第一个步骤就是正确处置尸体。把病羊埋在浅而潮湿的地方正好形成了孢子生长和散布的极好发源地。由于科赫的研究已经证明了孢子的形成需要空气、湿度和 15℃以上的温度，因此要防止孢子的散布至少得排除其中一个必需条件。在德国一至十米深的土壤平均温度低于 15℃，因此如果把这种尸体埋在远离农场的干燥深沟内便可消灭它的危害性。

这个建议有极重要的意义，因为它指出了一条如何把实践和理论知识结合起来为农业和医学服务的道路。总的观察一下这种疾病在羊、牛和马中发病的情况可以发现羊是通常的感染储主。把其它动物同羊分开这样一种简单的方法便可以打断传染链。在那时科赫便论证说伤寒和霍乱在散布的方式上同炭疽病相似。研究这两种疾病的困难在于缺少实验性动物。他的结论是："尽管有这些困难，但只要目前能得到的方法可以允许我们作到什么程度，就不应当阻挡我们进到那个地步。然后应用从这些研究中获得的知识，我们就能进行到下一个可能达到的目标。像对白喉这样的能传染给动物的疾病的研究便立即成功地经受了考验。应用传染性疾病的比较病原学知识我们将学会制服人类的流行性疾病。"[23] 显然即使科赫在当时还仅仅是一个研究牛羊炭疽病的默默无闻的乡村医生，但他已在思考消灭人类流行性疾病的宏伟纲要了。

外伤感染

科赫的同时代人尽管承认他是一位科学方法的大师，但

他仍然不得不以费时地开业行医和履行地区医官的职责来维持家庭生活，也仍然只能在他可怜的家庭实验室中工作。不过，他已转向对“外伤性感染疾病”的研究了。当时，科学家们一般接受这样的概念，即认为外伤热、化脓性感染、腐烂性感染、败血病以及脓毒症基本上具有相同的性质。但是在这些感染中发现的微生物是疾病的原因还是结果，这种争论仍然继续着。解决这些问题的困难，部分是由于难以肯定在健康的动物中是否存在这些微生物。科赫改进照明和染色方法，证实了“无论在人或低等动物中，健康个体的血液或组织中都不存在细菌”。

把“腐烂的材料”注入小白鼠的体内，会产生各种败血症状的疾病，但基本的起因始终是细菌性感染。科赫发现，病小白鼠的临床症状“随腐烂液体的性质和数量不同而变化。腐烂了较长时间的血和肉类浸出液的毒性弱于才腐烂了几天的浸出液”。科赫用受到感染的小白鼠的水肿液或血液进行了十七次系统的病原体培养。虽然败血病小白鼠的血液非常毒，但他的初步实验并没有得到致病性微生物；还需要更为精致的技术才能发现它。

科赫观察了小白鼠的炭疽病以及兔的扩散性脓肿、脓毒症、败血病和丹毒的各种症状后，得出结论说：“已经有足够的证据来说明这些疾病同微生物有关。这些研究，在临床上具有明显的重要意义，因为这些实验性疾病“无论是从腐烂物质来追究病因，或是从死后检查的特征上来看，都和人类外伤性感染疾病相似”。

科赫所研究的各种不同的疾病，始终都同一定的微生物相联系。他认为，病菌说是能够应用于外伤性感染疾病的，其最能说明问题的证据是，“病原细菌的多样性和各种细菌特征的不变性”。当时许多杰出的科学家都认为，细菌的各种形

式是很容易互相转变的。但科赫却坚决主张“这些微生物之间的差别很大，可以预期，这些差别可能与那些几乎难以看见的粒子之间的差别相比”。最重要的是科赫强调了使用纯培养的重要性。不应当把出现新类型的细菌看做是类型转化的证明，这种现象是由于技术的缺陷而引进了污染的结果。在严格而有效的微生物学工作规程确立以前，甚至连科赫也认为最小的、难以归类的细菌的纯培养是不可能的。然而，“纯”培养可以“在动物体内”进行。在科赫和其他人研制出细菌研究的新方法以前，确实“没有比动物体本身更好的培养装置了”。[25]

科赫在发表外伤性感染疾病的论文仅仅一年后，就研究出了在动物体外培养单一细菌菌种所需要的大部分方法。科赫在乡村这么孤陋寡闻的情况下已经取得了这么多的成就，在这种情况下他终于获得了同他的研究才能相称的职务。1880 年，科赫成了柏林皇家卫生部的工作人员，到这里后不久，他就在指导许多优秀的年轻同事了。

269 **现代细菌学的方法学**

当时方法学上最迫切需要改进的是如何得到纯的培养物这是科赫昼思夜想的疑难问题。他写道：“我认为，下述的这些观点无论怎样强调也是不过分的，即在所有关于感染性疾病的研究中最重要的是使用纯株培养物。”获得纯培养物的一个新的途径是在固体培养基上进行。最初用土豆片作培养基。但不久发现某些病原细菌不能在土豆片上生长。尽管如此科赫还是认为在其它条件下固体培养基原理仍然可以采用。

经过了许多失败的实验后，科赫终于认识到：要寻找“一种对所有微生物都同样适用的万能培养基”[26]是不可能的。因此，他探索着寻找一种能把通常的营养肉汤转变成一种结实而又有一定硬度的形式的办法。科赫发现由明胶使培养基

固体化十分有利。而且，用营养明胶制成土豆片的形状，对于培养微生物优点更多。然而，明胶在体温状态下就融化了，并能被某些细菌在室温下液化。是一种古代远东的厨房技术，解决了这个困难。科赫一位助手的妻子海斯 Hesse 夫人建议使用琼脂，她的母亲曾把琼脂用来做果子冻。到过爪哇的一位荷兰朋友已把使用琼脂的方法带到了新泽西 New Jersey。用琼脂做成的培养基在高达 45℃时仍然呈固态，并且不为细菌所消化。

1881 年，在伦敦举行的国际医学大会期间，科赫在利斯特实验室演示了他的方法。巴斯德对他说："先生，这真是一 270
个了不起的进步。"[27] 这种充满朋友般友谊的谈话在法国人和德国人之间是很少见到的。

图 10－6　科赫的实验室　引自同图 10－1

科赫和结核病

科赫是一位不倦的研究者，但他还有另一种性格，即固执和守口如瓶。这种性格在他关于结核病的工作以及“结核菌素治疗”的失败中充分地表现了出来。1881 年，科赫在国际医学大会上得到成功，凯旋而归。此后，他便开始从事研究结核病的工作。如果说巴斯德选择了狂犬病作为自己的研究对象，这是一种惹人注目而威胁人类生命的疾病，但发病率却相当低；那么，科赫则选择了结核病，这是一种更为普遍，实际上是无处不在的瘟疫，作为自己最重大的工作。

科赫狂热地工作着，他已准备好把自己的初步报告提交给 1882 年 3 月 24 日召开的柏林生理学会。有一位观察者描写了这个经历的场面，科赫在观众面前像个“自助冷餐厅”那样铺开了二百个标本。屋子里挤满了人，但是德国科学医学的主要公断者却没有到场。威尔赫仍然对研究工作中细菌学学派所谓的“幼稚工作”表示怀疑。由于威尔赫的敌意，科赫的论文未能提交给柏林医学学会。这个初步报告是一个如此杰出的科学研究成果，以致艾尔利希 P · Ehrlich 后来回忆道：“所有在场的人都被深深地感动了，那天晚上成了我科学生涯中最难忘的一夜。”[28]

很明显，在当时十九世纪，结核病对人类的生命健康是一个多么严重的威胁。正如科赫提醒他的听众们所说的：

> 如果一种疾病的牺牲者的数目是度量其危害严重性的尺度，那么，所有的疾病，甚至包括最有威胁性的，如淋巴腺鼠疫、亚洲霍乱病等等都必然远远地排列在结核病的后面。根据统计资料，全人类有七分之一的人死于结核病，并且如果我们只考虑具有生产能力的中年人的话，那么这些人中将有三分之一或数量更多的人是被

这种疾病夺去生命的。[29]

由于许多原因，结核杆菌特别难以观察，在纯培养中也很难生长。要在结核病组织中识别“精致的棒形物”，必须要用特别的固定技术和染色方法。由于这种有机体非常小，其大小只有炭疽杆菌的十分之一，而且表面还覆盖着一层蜡，这就使染色变得非常困难。在研究这种细菌时，由于它生长的速度极其缓慢，因此观察者必须要有很大的耐心，并且必须有坚定的信心，相信结核病是由细菌引起的。虽然在牛、马、猪、山羊、绵羊、鸡、猴、兔和豚鼠中都能发现结核病，但是并不是所有这些杆菌菌株对每一个物种都有致病性的。幸运的是，感染人的这种结核杆菌，能被转移到一种简便的实验动物——豚鼠身上。

科赫发现人类这种疾病的致病因子后，就开始考虑这种杆菌的繁殖问题。幸运的是，这种杆菌不像炭疽杆菌那样容易形成孢子。它只能生长在温度高于30℃的特别的培养基中，但是即使这些条件都满足了，这种细菌要在固体培养基上很好地生长也需要几个星期。因此，这些微生物是“依赖于动物体才能成活的真正的寄生生物”，而不是“像炭疽杆菌那样的兼性寄生生物”。肺结核病是最通常可见的，这种患者也是“最有效的散布源”。科赫发现，患有肺结核的病人，“吐出大量的含有大量……结核杆菌的痰。这种传染性微生物因而就散布在地板上，棉织物等等物品上。许多细菌在几天甚至几个月后都还活着，仍然具有毒性”。[30]这种情形特别是在通风不良、潮湿、肮脏的出租住房内更是如此，具有灭菌作用的太阳光线很少能照入这种房屋。患结核病的家养动物作为病源的可能性较小，因为它们不会吐痰。虽然感染动物的乳汁可能是感染源，但科赫低估了这种危险性。

科赫准则

科赫在研究结核病时，系统地提出了明确地鉴定某种特有的微生物是引起某一种特定的疾病时所需要的准则。1884年，科赫在“结核病病源学”一文中第一次明确地提出了“科赫准则”。首先，这种微生物必须恒定地同某种病理状况有关。彻底研究这种微生物与这种疾病史之间的关系，便足以证明其因果关系。然而，怀疑者也许会提出疑问说，尽管这种微生物同这种疾病有关，但有关并不就是原因。因此，证明因果关系的强有力的证据，是把这种寄生生物从有病动物以及和这种疾病所有可能的产物中完全分离出来。当这些致病有机体能在实验室的纯培养中生长后，就应把它在健康动物身上进行试验。如果在被试动物身上诱导出“这种疾病所有的特有症状和特性”，那么，连那些最持有怀疑态度的科学家也可以被说服：这种微生物确实是这种疾病的致病因子。[31]

为了得到毫无疑问的证据必须采取这些步骤，但并不是在所有情形下都有可能采取这些步骤的。为了证明人类的某种疾病是由某种微生物所引起，或许会需要对人类进行不合道德的实验。

结核菌素的悲剧

1890年，科赫宣称，他已成功地研制出了一种治疗结核病的药剂。德国是那年举行的第十届国际医学大会的东道主。虽然当时科赫本人不愿表态，但是由于文化部长高斯勒Gossler的压力，科赫宣布他已经发现了能在培养中和动物体内抑制结核杆菌生长的物质。他希望这种药剂将对人类有用。接着，科赫在人身上做了试验，三个月后发表了一篇关于“一种结核病治疗剂的进展”的报告。他把这种药剂描述为是一种“稳定而清澈的褐色液体”，但它的性质则是保密的。人体对此种药剂十分敏感，而豚鼠就单位体重来说，能忍受比

人高出一千五百倍的剂量。

这种神秘的药剂对正常人与结核病人的反应是不同的。健康人对小剂量药物几乎没有反应，而结核病人则发生严重的反应，包括呕吐、发烧和发冷。科赫宣称十五小时后反应便会消失。这种药剂，正如科赫所预言的那样，是“一种必不可少的诊断辅助物”。在结核病的早期阶段，当痰的化验和体格检查仍然是阴性时，这种药物却可以诊断出病人已患了结核病。但是，科赫宣称的结核菌素在治疗中比在诊断中可能更富有价值这一结论，却被事实证明是错误的，产生了悲剧性的后果。不久，世界各地的病人就为这种“神药”所吸引而群集柏林。但有的病人却由于结核菌素反应而死亡。当事实证明这种药剂对治疗并无作用时，公众舆论哗然，立即指向了科赫。但在科赫死后两年，传染性疾病研究所重新命名为科赫研究所，以纪念他发现结核杆菌的功绩。

科赫的最大成就是对结核病的研究，他还和他的学生们同其他许多疾病进行了斗争，其中包括霍乱、疟疾、牛瘟和鼠疫。他发明的方法、还成功地运用于研究斑疹、伤寒、麻风、放线菌病、丹毒、白喉、破伤风、肺炎、脑脊膜炎、痢疾、回归热，以及其它的疾病。

五　微生物学的进展

免疫学：关于防御机制的细胞作用论和体液作用论

微生物学在巴斯德、科赫和其他人奠定的基础上产生了大量分支科学。进步的医生和研究人员的特点便是赞成微生物在疾病中所起的作用，并把这一观点应用到治疗中。一代新的科学家着迷于搜寻微生物的竞赛之中，他们都希望第一个分离出疾病因子并研究出它们的性质特点。进一步的研究阐

 明了传染病借以传布的途径:空气、水、受污染的食物、人类带菌者以及昆虫媒介者。微生物本身并不是唯一的威胁者。有时例如白喉病它更与微生物释放的特异性毒素直接有关。

显然人体内有强有力的抵抗微生物入侵的机制。研究人体防御机制也和搜寻微生物本身那样有价值。由于巴斯德本人并不是医生,因此他对预防微生物病比对治疗微生物病更感兴趣。他在研究疫苗中的成就形成免疫学的基础。到十九世纪末已形成了研究免疫机制的两大学派,它们都为自己能取得优先地位而竞争着。按照体液理论免疫依赖于在血液和体液中诱导出来的某些因子。其他研究者则争论说血清因子同某些作为体内防御微生物入侵的"战士"的细胞相比,其作用是微不足道的。"吞噬细胞"的发现者梅契尼可夫 E. Metchnikoff 是一位杰出的用细胞理论解释免疫机制的提倡者。

梅契尼可夫 E. Metchnikoff 1845 – 1916

梅契尼可夫是俄国动物学家,由于发现了吞噬细胞和吞噬过程而受到人们的尊敬。他几乎是一个人孤军奋战成了用细胞理论来解释感染机理的胜利者。正当抗体和抗毒素在治疗中不断取得新的成果时,梅契尼可夫独树一帜深入地研究着吞噬细胞。梅契尼可夫像受到威尔赫、巴斯德和科赫的有益教导一样也受到了达尔文和华莱士的启发。他对炎症的研究是从简单的单细胞有机体开始的,然后信心百倍地沿着进化的阶梯,一步步地深入探讨损伤反应和微生物入侵的机制。

梅契尼可夫虽然不是第一个观察到在血细胞中存在着微生物的人。但是毫无疑问他却是第一个认识到微生物"在细胞内被消化掉"在疾病自然免疫中的重要地位。科赫曾在完整的血液细胞内看到了炭疽杆菌,但他却认为这是细菌侵入了白细胞并在其中繁殖。而按照梅契尼可夫的研究,这种现象更像

图 10－7　梅契尼可夫　引自同图 10－1

是血细胞"吞食"了寄生生物而形成的。而且同流行的观点相反梅契尼可夫论证说，发炎作为对伤害的一种反应并不纯粹是被动而有害的。发炎反应中的发热、肿胀和疼痛等现象是有益的保护性过程的一部分，但光有这些还不够完善。

1888 年，这位俄国的动物学家，加入了巴斯德研究所。他为研究所带来了一整套与众不同的经验和研究方向。他研究的范围包括胚胎发育、消化功能的进化，以及发炎、免疫和 274
衰老等问题。

梅契尼可夫研究了水蚤属中通常水蚤所生的一种病这种

病是由一种酵母菌引起的，他得出了这样的结论：即“血球具有保护有机体防止感染性物质侵袭的作用”。由于这种水蚤是小型、简单而透明的小动物，而侵入的真菌则比较大，即使在没有染色的标本中也很容易观察。因此，这样两种生物组成的简单系统有很大的优越性。确实，耐心的梅契尼可夫常常好几个小时连续观察一个有机体，观察“两种生物——真菌和吞噬细胞间的激烈搏斗”。在研究吞噬细胞的工作中，梅契尼可夫看到了一种具有“自然痊愈能力的细胞”，从而找到了“一种支持细胞病理学基本概念的新证据”。[32]

这个工作引导人们对细胞因子和体液因子在免疫中的作用有了新的认识，但十九世纪的科学家们却没有从中认识到这两种因子基本的协调关系。1890 年，科赫宣布体液理论派已取得了对吞噬细胞理论派的胜利。但仅仅六年以后，利斯特勋爵就确信，体液流派已被以细胞基础解释免疫现象的拥护者所战胜。到 1908 年时，两大流派都已经相互独立地取得了不可否认的进展，相互间的争论也暂时停止了。在那年，梅契尼可夫和体液理论的杰出辩护者艾尔利希，由于他们在免疫上的工作而获得了诺贝尔生理学医学奖。科学家们对机
275 体的防御机能尽管有着各种先人之见，但是事实上机体本身却确实存在着这两种机制。体液物质可能就是由特殊的细胞所产生，这种说法不是没有道理的。

血清治疗

1890 年，贝林 E. von Behring1854 - 1917 和北里柴三郎 Shibasaburo Kitasato 1852 - 1931 发现了对付白喉和破伤风的抗毒素，使得细胞免疫理论在一段时期内几乎被其掩盖起来了。他们给一些试验动物注射毒素，在非致死范围内，剂量不断增加。结果发现这些动物的血液具有中和毒素的能力。贝林和北里柴三郎迅速地把他们的发现，从实验室中的偶然现

象变成了一种新的、强有力的治疗手段。第一个用白喉抗毒素治疗的，是1891年圣诞节晚上在柏林诊所的一个孩子。由于白喉是当时造成儿童死亡的主要疾病，因此"血清治疗"在国际上引起了广泛的兴趣。1901年，贝林获得了第一次设立的诺贝尔生理学医学奖。

贝林在人体上的第一次试验给人们带来了巨大的希望，血清治疗即将成为征服所有传染性疾病的一种普遍有效的手段。但是，生产白喉抗毒素的方法最初是不很理想的。直到艾尔利希设计出了测量血清中抗毒素含量的定量方法，并且 276
解决了大量生产白喉抗毒素的技术问题后，抗毒素才成了对付传染病的"军火库"中实际运用的武器。艾尔利希，这位化

图10-8　贝林　引自同图10-1

学疗法的奠基人，还为药理学、毒物学、组织学和免疫学做出了巨大贡献。

艾尔利希 Paul Ehrlich 1854－1915

纵观病菌说的发展过程，可以发现艾尔利希的工作极好地反映了它的进展状况。在这个理论发展过程中法拉卡斯托里斯关于梅毒和传染理论的研究是第一个里程碑。而艾尔利希的经历和贡献则是多方面的，他改革了免疫理论，还合成了一种像神奇的子弹一样对梅毒有特异疗效的药物。

艾尔利希很早就表现出对治疗病人的兴趣。当他只有十一岁的时候，就请过当地的一位药剂师配制一张他自己开的咳嗽药处方。艾尔利希在布雷斯劳大学、施特拉斯堡 Strasbourg 大学、布赖斯高的弗赖堡 Freiburg－im－Breisgau 大学学习医学，最后于 1878 年毕业于莱比锡 Leipzig 大学。艾尔利希的堂兄弟韦格特 K. Weigert 1845－1904 是组织学的先驱，他成了年轻的艾尔利希的榜样。艾尔利希的博士论文“对组织学染色理论和实践的贡献”反映了他受到的这种影响，并且预示了以后他的许多思想。要成为一个内科医生，必须通过国家考试。艾尔利希对这种正式手续和严格考验的态度是大家所熟知的。有一次当科赫首次访问布雷斯劳大学，到各个实验室去参观时，艾尔利希正在那里值班。人们把他介绍给科赫时说，他是一位有希望的科学家，“极擅长于染色，但将永远不会通过他的考试”。[33] 后来他确实通过了那严峻的考试，成了柏林仁济医院的高级住院医生。在这里他同弗雷里希斯 R. T. von Frerichs1819－1885 医生一起工作。弗雷里希斯认识到艾尔利希具有非凡的研究才能，让他继续研究染色问题。但是，弗雷里希斯去世后，情况起了突然的变化。接替弗雷里希斯的是格哈特 Gerhardt 教授，他认为艾尔利希的工作应当限制在传统的临床医学上。

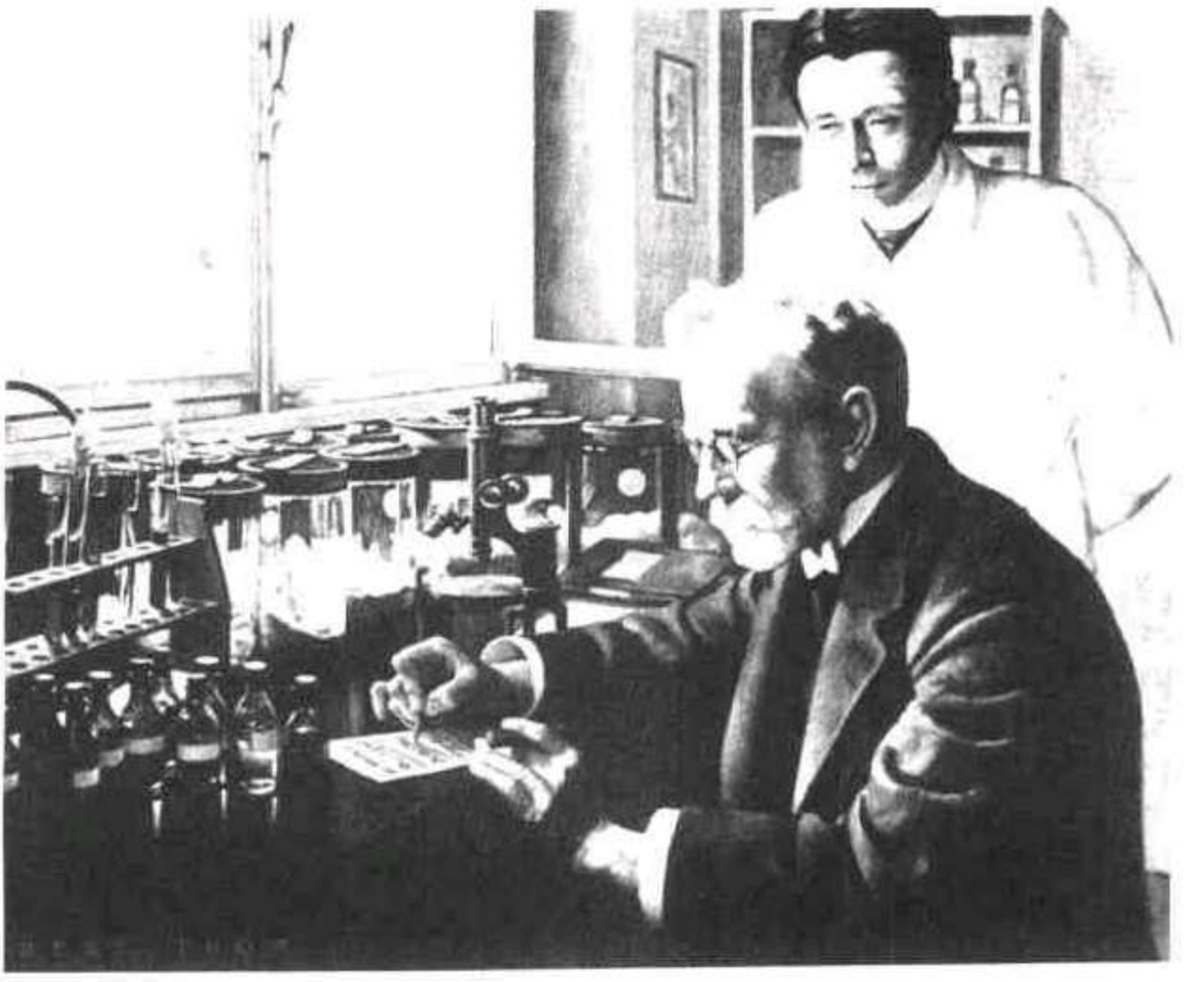


图 10－9　化学治疗的创始人艾尔利希同他的助手秦佐八郎
派克·戴维斯公司　1963

在科赫用一种很麻烦的染色方法，演示了他关于结核杆菌的发现后，艾尔利希立即回到实验室，开始探索更好的实验方法。他利用这种微生物易和酸性物质结合的性质，创造了新的方法。目前使用的各种方法都是在他的原始技术基础上改进而成的。艾尔利希从染色特性中，想到了结核杆菌的特有性质。他使用自己发明的新的、更为灵敏的方法，诊断出自己患了结核病，就离开了仁济医院。因为他觉得那里的环境难以忍受。他到埃及去疗养，并在那里恢复了健康。回到德国后，他成了柏林大学的高级医学讲师，并进入了科赫和贝林的传染病研究所。贝林的白喉抗毒素曾给人们带来了极大

的希望，不料随之而来的却是更大的失望。这种情况直到艾尔利希把抗毒素制成了可以实际使用的治疗药剂后，才得到改变。由于贝林在经济上的谋算，同贝林的联系对于艾尔利希来说成了一件苦恼的事情。照艾尔利希的秘书马夸特 M. Marquardt 所说，艾尔利希曾经指望发明者和制约厂之间的合同规定，至少在十四年内，厂方每年给他约三万－四万马克。他说，贝林曾说服他，要他放弃他的份额，条件是让他担任一个国家研究所的所长。而贝林自己却保持了应得的比例，并因此而成了一个极其富有的人，艾尔利希却一点好处也没有得到。

尽管艾尔利希同贝林的关系是令人失望的，但是在抗毒素上的成功却促使普鲁士州长奥瑟福 F. Althoff 为血清学研究和血清试验建立了一个新的研究所。1896 年，艾尔利希作为这个研究所所长开始了他新的生涯。他仅有一个很小的实验室和一笔十分微薄的预算款项，但是他和他的同事们却完成了数量惊人的工作。在 1877 年到 1914 年期间，他发表和出版了 232 篇论文和著作。艾尔利希常常说："我只要有一个水龙头、一盏火焰灯、一些吸水纸，就能在一个没有其它任何
278 设备的房子内工作。"[34] 他还应该把雪茄烟和矿泉水加到所需品的清单上，因为他实际上依赖于这两样东西而生活。他的思维过程是如此地依赖于抽烟，以致他始终随身多带一包额外的雪茄烟。作为研究所所长，他严格的管理着他的助手和同事们。他每天要给每个人一系列"苦差使"，各种颜色的索引卡片，上面写有他所给的关于这天实验的指示。如果有哪一位助手竟敢忽视卡片上的指示，他简直就要大发雷霆。由于艾尔利希对药物学、毒理学和治疗学进行了许多首创性的研究工作，他获得了许多荣誉。实际上他所研制的治疗梅毒的药物"洒尔弗散 Salvarsan，即"606"，为化学治疗奠定了

基础。但是在他生命的最后一年，人们对他的关于梅毒治疗成就上的争论却使他感到苦恼。

艾尔利希早在学生时代就已经对苯胺染料进行了系统的研究，这使他发现了白血细胞具有不同的类型。他还按照主要的细胞类型对白血病进行分类。在研究铅中毒问题时他注意到在活体内受毒物影响最大的器官，与那些用铅盐溶液对组织进行染色时积累铅最多的器官是相同的。从而他第一个联想到在特殊的化学物质和特有的组织之间具有特异的相互作用，并且第一个认识到了这种相互作用的重要意义。

在艾尔利希 1881 年发明亚甲基蓝染色方法以前，对细胞进行染色不仅十分困难而且效果也非常不理想。科赫把这种亚甲基蓝染色法运用于许多研究中，并使用这种染料鉴别出了结核杆菌。艾尔利希对各种组织的氧亲和性进行研究，在此基础上发展出活体染色的技术。所有这些组织学上的胜利，都只不过是那些早在他的博士论文中就表达过的思想的付诸现实而已。在他的论文中艾尔利希提出了在化学工业的发展同组织学进展之间应建立起一种直接联系的观点。他这样写道："在每个领域中，理论总是实践的必然结果。"[35]

苯胺染料的发现

1856 年，皇家化学学院的学生柏金 W. H. Perkin 1838[①] -1907 企图从甲苯胺中合成奎宁，在制作过程中，他发现了苯胺染料。当时，除了基本的元素成分分析外，对于这种化学品了解甚少，因此研究这个项目似乎很有理由。在实验中柏金得到的仅是黏糊糊的一团棕色物质。他用苯胺重复了这一实验，得到的却是另一团物质。当用酒精洗涤反应器皿时，最终洗下的溶液所呈现的深紫红色把柏金给迷住了。柏金没有

① 原文误为 1848。

听从他那杰出的教授霍夫曼 A. W. Hofman 1818－1892 的劝告，他放弃了在校的学习，随同他父亲和哥哥搞起了染料行业。英国的染料商们习惯于使用天然染料，他们在一段时间内反对使用合成的"苯胺紫染料"。在英国人认识到要接受这些新染料以前，这些新染料早就在法国的时髦社会间流行了。从此，化学家们一直忙着制造各种鲜艳华丽的新颜色。化学家们凭着经验进行工作，试制成功了俾斯麦褐、皇家蓝、喹啉蓝以及霍夫曼紫罗蓝。柏金在三十六岁时退出了商界，把
279 一生的其余时间用于研究化学和音乐。后来，他的三个儿子也都成了杰出的化学家。

艾尔利希"神奇的子弹"

最初引起艾尔利希兴趣的，是有可能研制出对不同类型的细胞、细胞组成部分以及微生物进行选择性染色的染料制剂。他后来把这个概念扩展成了科学的实验性药物学的基础，并且树立了新的目标：设计一种"神奇的子弹"。也就是说，他认为，科学家们能够合成与微生物有特异性的相互作用，但又不会伤害正常细胞的化合物。

1891 年，艾尔利希在从事以血清为介质的免疫学研究时，发现用蓖麻蛋白等毒物进行注射，体内就会产生抗体。在同一年，他又澄清了关于主动免疫力潜伏期问题上的疑问。第二年，他指出主动免疫和被动免疫之间的差异。他从这些研究中得出那有名的"侧链"免疫理论。艾尔利希认为抗体的高度特异作用，是由于细菌细胞和毒素带有特异的分子基团或"受体"，抗体就结合到这些特异基团或受体上[36]。抗体是自然界自然产生的，"神奇的子弹"而化学治疗则是一种人工的尝试，其方法是制造出一些药物。它们要能模仿自然界的那些"子弹"自动寻出并消灭入侵的细菌而对人体无害。艾尔利希经常说成功需要"四大 G 字"——Geduld、Geschick、Geld

和 Glück 耐力、才能、资金和运气，但是当庆祝 606 试剂试制成功时，他却说："这一刻的幸运是七年厄运的代价。"他的许多思想很有远见，促进了免疫学的进一步发展。

十九世纪争论的回声，在目前对免疫机制的研究中仍然继续着。虽然在关于这个复杂系统的知识中还存在着很大的空白，但是我们已经取得了可观的进展。1972 年诺贝尔奖金获得者埃德尔曼 G. M. Edelman 完整而详细地阐明了一种抗体的结构，这在免疫学上是一个重要的里程碑。到了现在，当传染性疾病对人类的威胁逐渐减少，而自身免疫、癌症以及器官移植排异对人类的影响渐增时，这种有关免疫的知识就显得更为重要了。

弗莱明 Alexander Fleming 1881 - 1955

化学治疗中一个主要的进步是由弗莱明的发现而引起的。弗莱明发现了青霉菌会产生一种物质，这种物质不利于某些细菌的生长。虽然弗莱明对青霉菌的抗菌作用进行了详细研究并发表了研究结果，但是他似乎没有预期到青霉菌在治疗中的潜力。在更早一些年代，他曾发现了溶菌酶，并且认为溶菌酶在治疗上十分有用。但事实上，溶菌酶在治疗上的作用却相当有限。也许，正是这个失败使他失去了勇气。后来，是弗罗里 H. W. Florey 1898 - 1968 和其他人，成功地把青霉素制成了一种治疗剂。直到磺胺药物得到十分成功的应用，以及第二次世界大战使化学治疗成为高度领先的领域之时，青霉素一直是医学中一种重要的药物。自从那时以来，对于微生物能产生杀灭其它细菌物质的现象进行了广泛的研究，并且取得了富有成效的结果。

多马克 Gerhard Domagk 1895 - 1964

多马克像艾尔利希一样，系统地研究了能消灭细菌而对病人无害的化学物质。1935 年，他发表的论文"对细菌感染

的化学治疗的贡献”是一个标志。当时对付细菌感染的有效药物很少，用于对付球菌感染的则完全没有。多马克使用由艾尔利希发明的方法，在已感染动物中试验了许多化学物品。他发现，一种在离体时没有抗菌作用的红色染料 Protosil，能防止小白鼠患链球菌感染。由于这种染料在体内分解成具有活性的物质——磺胺，因此不可能根据离体试验的结果来预期 Protosil 在病体内的作用。最后，通过进一步的化学转化，终于从磺胺中产生了整个系列的磺胺药物。由于链球菌感染十分普遍，并且常常致死，因此磺胺药物为治疗学带来了巨大的进展。多马克自己的女儿，在实验室中偶然被感染，就是由多马克发现的药物而得救的。

多马克于 1939 年获得了诺贝尔医学奖，但当时的纳粹政权不让他受奖。他于 1947 年获得了奖章，但不是奖金。

病　毒

在人们看到病毒、了解病毒的性质以前，民间传说和科学已在与病毒病的斗争中取得了一些成功。蒙塔古 M. W. Montagu 夫人于 1718 年把土耳其人对天花的接种方法引到了英国；马瑟在殖民地中也采用了这种方法。1798 年，琴纳使用牛痘——一种称为“种痘”的方法成功地防止了天花。这种方法最后把数百万人从令人恐怖的疾病中解救了出来。巴斯德以更为直接更加科学的方法，培育出一种对付狂犬病的疫苗，尽管那时他还不能直接看到致病因子，但是巴斯德确信狂犬病是由活着的微生物引起的。很难想像，那不易激动、感觉迟钝的科赫，也研究出了一种防止那种看不到的敌人的疫苗。

巴斯德的同事钱伯兰特，引入了一种最后导致发现“滤过性病毒”的方法。1884 年他发表了一篇论文，描述了用来制备“生理学纯水”的多孔陶瓷瓶的使用方法。这种方法，能

够把受到严重污染液体中的全部可见微生物都分离掉。在巴斯德实验室里，它是用来把微生物从培养基中分离出来的。钱伯兰特建议改用这种方法来制得完全纯净的饮用水。这一点似乎表明钱伯兰特也受到了巴斯德的影响，也有那种要从他的饮食中排除全部微生物的癖好。钱伯兰特在方法学上的另一贡献是发明了高压消毒锅。

1892 年，伊凡诺夫斯基 D. Ivanovski 1864－1920 在圣·彼得堡科学院宣读了一篇论烟草花叶病的论文。他使用了钱伯兰特的过滤方法，但是他发现滤过的提取液同没有滤过的提取液都会引起同样的疾病。他想，最简单的解释就是在滤过液中存在毒素，或者是某些细菌已通过了滤器的孔。但仔细检查后，既没有在滤器上发现这种破碎的空隙，也没有在流过滤器的培养液中发现有细菌生长。虽然这个工作并没有给人们留下多深的印象，但是其他科学家已正在转向同样的研究，他们的发现造成了更大的影响。

1898 年，莱夫勒 F. Loeffler 1852－1915 和弗罗施 P. Frosch 发表了《口蹄疫研究委员会的报告》一文。在这个研究工作以前，这两位著作者都曾同科赫合作过，并且莱夫勒还发现了白喉病的致病因子。研究材料是刚从有病动物的嘴和乳房中采得的小泡，因此他们能在没有其它微生物污染的情况下观察受损害部分的内容物。令人惊奇的是，在用这种受损害部分的液体接种的培养基中，竟然没有观察到细菌。除非受到偶然的污染，培养基总培养不出细菌来。然而，这些显然是无菌的液体，却能把疾病传染到实验动物身上。而且，在滤过的淋巴液中，虽然没有发现细菌，但它与没有滤过的淋巴液一样，仍然能够有效地传布这种疾病。实验室中受感染的动物也能把此病传给其它动物。这就意味着在滤液中，引起这种疾病的必然是一种具有生命的因子，而不可能是一种毒素。

正如科赫曾说过的那样，动物体是致病因子生活繁殖的极好场所。莱夫勒和弗罗施在已经证明了口蹄疫病是由一种滤过性的病毒引起的以后，他们提出，其它一些感染性疾病，例如天花、牛痘以及牛瘟等产生的原因，也都可追溯到那些非常微小的有机体上。

几乎与此同时，贝杰林克 M. W. Beijerinck1851 - 1931 通过他对烟草花叶病的研究，也正在逐步接近于对滤过性病毒性质的认识。他以前似乎并不知道伊凡诺夫斯基的工作，无
282 论怎样说，伊凡诺夫斯基的工作还没有发展到他自己研究那样的高度。贝杰林克的结论是：引起烟草花叶病的致病因子是一种能够通过最细微的滤膜，并且只能在活的植物体组织中繁殖的“传染性病毒流体”。虽然他觉得很难想像这种“可溶性物体”如何生长和繁殖，但是他提出了一个天才的设想：“为了能够进行繁殖，这种接触传染物一定是结合到活细胞的原生质中去了……”[37] 经过对各种植物学文献的研究，贝杰林克设想其它植物的许多疾病都是由类似的可溶性微生物引起的。

以后二十年内，人们怀疑滤过性病毒是植物、动物和人类许多疾病的病因。1915 年，托特 F. W. Twort 1877 - 1950 提出，甚至细菌也是由那些看不见的滤过性病毒所引起疾病的受害者。托特曾多次尝试在人工培养基上培植病毒，结果都失败了；但他注意到生长在琼脂上的球菌菌落如果受到污染就不能继代培养，而且经过一段时间以后这些菌落变得光滑而透明。如果纯的小球菌菌落上沾了很少一点光滑菌落上的物质，那么不久它们也会变得透明起来。托特对这个现象的解释是很谨慎的。第一次世界大战使他不能再继续这方面的研究。他的论文“超显微病毒性质的研究”对微生物学的影响很小。后来埃雷尔 F. d' Herelle 1873 - 1949 发起对细菌病毒的

广泛研究，因此这种细菌病毒有时又被称为托特－埃雷尔粒子。托特后来着迷似的进行纯理论的工作。他推测细菌可能由病毒进化而来，而病毒则是从更原始的形式发展成的。

埃雷尔独立地认识到了存在着一种细菌性病毒。1917年，他发表了一篇名为“一种拮抗痢疾杆菌的看不见的微生物”的论文，介绍了他的实验。由于这种看不见的微生物不能在实验室的培养基上或加热杀死的杆菌上生长，却能很好地生长在一种悬浮有冲洗过的杆菌的简单盐溶液内，因此，埃雷尔认为，抗痢疾微生物是一种“专性噬菌体”噬菌体，即“吞食细菌者”的意思。他从已康复的痢疾病人的粪便中得到了这种看不见的微生物。当一滴活性的滤液加到志贺杆菌 Shiga bacilli 培养液中，培养液中的细菌很快停止生长，接着细菌便死亡和分解。极其微量的分解物在新鲜的志贺杆菌培养液中又产生相同的效果。连续进行五十多次这样的转接，都得到同样的结果。这表明，在这些液体中有一种活的因子在分解细菌。

埃雷尔思考着他所发现的这种现象的一般含义，预见到一定可以发现对另外一些病原细菌起作用的噬菌体。虽然这些看不见的微生物的自然寄生现象似乎是“严格特异性的”，但是他却认为，通过实验室的工作能迫使噬菌体“获得对付各种不同种类微生物的活力”。[38] 于是人们设想能把噬菌体作为对付细菌的武器，但是这种希望并没有实现。埃雷尔还预见到，噬菌体并不是“产生免疫能力的微生物”。在人们把细菌病毒作为分子遗传学的“实验动物”以前，细菌病毒一直只不过是一种实验室中令人好奇的现象而已。

1935 年，斯坦利 W. M. Stanley 1904－1971 报道说，他已经分离出了一种“结晶蛋白质”。这种蛋白质具有烟草花叶病毒的感染性。由于被感染植物中具有大量的活性病毒粒子，

因此作为把病毒结晶出来的第一次成功的尝试来说，这个体系有许多优越性。这是用标准的提纯技术得到的结晶的化学物质，它具有以前永远是只有活的有机体才具有的某些属性。斯坦利认为：烟草花叶病毒是“一种自动催化蛋白质，目前可以认为它只有生活在活细胞中才能繁殖”。[39] 斯坦利由于这个挑战性的工作而获得了 1946 年的诺贝尔奖金。这一工作使人想到某些种有生命的化学物质可能是存在的。进一步的研究表明病毒并不是一种纯粹的蛋白质，它是由蛋白质与核酸组合而成的，但当时人们还没有充分认识到核酸的重要性参见第十四章。

直到电子显微镜研制成功以后，才把病毒从“看不见的实体”的名单中除去。1939 年，科学家们首次在电镜下看到了烟草花叶病毒。[40]

正如马顿总结 1941 年的形势时所说的那样，光学显微镜已经达到了它的极限，现在它对微生物学的进一步发展已经没有多大用处了。[41] 在细菌学的研究中，电子显微镜是一种极有价值的新工具。自从电镜的第一个实际工作的模型研制成功以来，短时间内，显微镜观察的范围已扩大了五十至一百倍。从那时起，这个新工具已很好地用于对细菌和比细菌更小的致病因子病毒及立克次氏体的研究了。

注　释：

1. T. Schwann (1847). *Microscopical Researches into the Accordance in the Structure and Growth of Animals and Plants.* Reprint 1969. New York: Kraus Reprint, pp. 197 - 198.
2. C. Dobell (1960). *Antony van Leeuwenhoek and His "Little Animals."* New York: Dover, pp. 243, 76.
3. R. Vallery - Radot (1923). *The Life of Pasteur.* New York: Doubleday, p. 72.
4. Vallery - Radot, p. 49.

5. vallery – Radot, p. 76.
6. T. Brock, ed. (1975). *Milestones in Microbiology*. Washington, D. C.: American Society for Microbiology, p. 12.
7. Brock, p. 15.
8. Vallery – Radot, p. 219.
9. Vallery – Radot. pp. 108 – 109.
10. vallery – Radot, p. 256.
11. Vallery – Radot, p. 253.
12. A. I. Oparin(1965). *The Origin of Life*. 2nd Ed. Translated by S. Morgulis. New York: Dover.
13. Brock, pp. 69 – 74.
14. Brock, pp. 76 – 79.
15. Vallery – Radot, p. 260.
16. Vallery – Radot, pp. 313 – 314.
17. Vallery – Radot, p. 325.
18. Vallery – Radot, p. 291.
19. H. Lechevalier and M. Solotorovsky(1974). *Three Centuries of Microbiology*. New York: Dover, P. 61.
20. R. Dubos(1960). *Pasteur and Modern Science*. New York: Doubleday, p. 147.
21. Lechevalier and Solotorovsky, pp 64 – 66.
22. Lechevalier and Solotorovsky, p. 69.
23. Lechevalier and Solotorovsky, p. 79.
24. Brock, pp. 96 – 97.
25. Brock, p. 100.
26. Brock, p. 104 – 105.
27. Lechevalier and Solotorovsky, p. 84.
28. Lechevalier and Solotorovsky, p. 84.
29. L. Clendening(1960). *Source Book of Medical History*. New York: Dover, pp. 392 – 393.
30. Lechevalier and Solotorovsky, p. 106.
31. Brock, pp. 116 – 117.
32. Brock, pp. 132 – 133.
33. M. Marquardt(1949). *Paul Fhrlich*. New York: Schuman, p. 15.

34. Lechevalier and Solotorovsky, p. 439.

35. F. Himmelweit and M. Marquardt(1957). *The Collected Papers of Paul Ehrlich*. New York: Pergamons I, p. 67.

36. J. Parascondola and R. Jasensky(1974). Origin, of the Receptor Theory of Drug Action. *Bull. Hist. Med. 48*: 199 – 220; J. Parascondola(1971). Structure – Activity Relationships: the Early Mirage. *Pharmacy in History 13*: 3 – 10.

285 37. Brock, p. 156.

38. Brock, pp. 157 – 159.

39. Brock, p. 162.

40. T. F. Anderson(1966). "Electron Microscopy of Phages," in *Phage and the Origins of Molecular Biology*. J. Cairns, G. S. Stent, and J. D. Watson, eds. New York: Cold Spring Harbor Laboratory of Quantitative Biology, pp. 63 – 78.

41. L. Marton(1941). The Electron Microscope. A New Tool for Bacteriological Research, *J. Bacteriology 41*: 397 – 413.

参考文献:

Adelberg, E. A. (1960). *Papers on Bacterial Genetics*. Boston: Little, Brown.

Anderson, T. F. (1966). "Electron Microscopy of Phages," in *Phage and the Origins of Molecular Biology*. J. Cairns, G. S. Stent, and J. D. Watson, eds. New York: Cold Spring Harbor Laboratory of Quantitative Biology. pp. 63 – 78.

Barlow, C., and P. (1971). *Robert Koch*. Geneva: Heron.

Brock, T., ed. (1961). *Milestones in Microbiology*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice – Hall.

Bulloch, W. (1938). *The History of Bacteriology*. London: Oxford University Press.

Bulloch, W. (1930). *Systems of Bacteriology*. New York: Medical Research Council.

Casida, L. E., Jr. (1976). Leeuwenhoek's Observations of Bacteria. *Science 192*: 1348 – 1349.

Collard, P. (1976). *The Development of Microbiology*. Cambridge: Cambridge University Press.

Conant, J. B., ed. (1952). *Pasteur's Study on Fermentation*. Harvard Case Histories in Experimental Science. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

De Kruif, P. H. (1932). *Microbe Hunters*. New York: Harcourt, Brace.

De Kruif, P. H. (1950). *Men against Death*. New York: Harcourt, Brace.

Doetsch, R. N., ed. (1960). *Microbiology: Historical Contributions from 1776 – 1908*. New Brunswick, N. J.: Rutgers University Press.

Dubos, R. J. (1950). *Louis Pasteur: Free Lance of Science*. Boston: Little, Brown.

Dubos, R. (1960). *Pasteur and Modern Science*. Garden City, N. Y.: Doubleday Anchor.

Duclaux, E. (1920). *Pasteur, The History of a Mind*. Translated by E. F. Smith and F. Hedges. Philadelphia: Saunders.

Edelman, G. M. (1973). Antibody Structure and Mo – lecu.ar Immunology. *Science 180*: 830 – 840.

Eve, A. S., and Creasey, C. H. (1945). *Life and Work of John Tyndall*. London: MacMillan.

Gladston, I. (1954). Ehrlich, Biologist of Deep and Inspiring Vision. *Sci. Monthly 79*: 395 – 399.

Heidelberger, M (1956). *Lectures in Immunochemistry*. New York: Academic.

Himmelweit, F., and Marquardt, M. (1957). *The Collected Papers of Paul Ehrlich*. New York: Pergamon.

Hitchens, A. P., and Leikind, M. C. (1939). The Introduction of Agar – Agar into Bacteriology. *J. Bacteriol. 37*: 485 – 493.

Koch, R. (1880). *Investigations into the Etiology of Traumatic Infective Diseases*. Translated by W. W. Cheyne. London: New Sydenham Society.

Lechevalier, H., and Solotorovsky, M. (1974). *Three Centuries of Microbiology*. New York: Dover.

Lechevalier, H. (1972). Dimitri Iosifovich Ivanovski (1864 – 1920). *Bacteriol. Rev. 36*: 135 – 145.

Lohnis, F. (1921). Studies upon the Life Cycles of the Bacteria, Part I, Review of the Literature — 1838 – 1918, *Mem. Nat. Acad. Sci. 16*, Second Memoir, Washington. D. C.: Government Printing Office.

Maurois, A. (1959). *The Life of Sir Alexander Fleming*. Translated by G. Hopkins. London: Cape.

Marton, L. (1941). The Electron Microscope. A. New Tool for Bacteriological Research. *J. Bacteriol. 41*: 397 – 413.

Marquardt, M. (1949). *Paul Ehrlich*. New York: Schuman.

Metchnikoff, E. (1905). *Immunity in Infective Diseases*. Translated by

F. G. Binnie. London: Cambridge University Press.

Metchnikoff, E. (1968) . *Lectures on the Comparative Pathology of Inflammation. Delivered at the Pasteur Institute in 1891*. New York: Dover.

Metchnikoff, O. (1921). *Life of Elie Metchnikoff*. London: Constable.

Muir, R. (1915 – 1916) Paul Ehrlich: Obituary. *J. Pathol. and Bacteriol. 20*: 350 – 360

Oparin, A. I. (1938). *The Origin of Life*. New York: MacMillan.

Paget, S. (1914). *Pasteur and After Pasteur*. London: Black.

Parish, H. J. (1965). *A History of Immunization*. Edinburgh: Livingstone.

Parascondola, J., and R. Jasensky (1974). Origins of the Receptor Theory of Drug Action. *Bull. Hist. Med. 48*: 199 – 220.

Parascondola, J. (1971). Structure – Activity Relationships: The Early Mirage. *Pharmacy in History 13*: 3 – 10.

287

Robinson, R. (1956). The Perkin Family of Organic Chemists. *Endeavour 15*: 92.

Twort, F. W. (1915) . An Investigation on the Nature of Ultra – microscopic Viruses. *Lancet 2*: 1241 – 1243.

Vallery – Radot, R. (1923). *The Life of Pasteur*. Translated by R. L. Devonshire. Garden City, N. Y. : Doubleday, Page.

Vandervliet, G. (1971) . *Microbiology and the Spontaneous Generation Debate during the 1870's*. Kansas: Coronado.

Waksman, S. A. (1954) . *My Life Among the Microbes*. New York: Simon and Schuster.

Waskman, S. A. (1947). *Microbial Antagonisms and Antibiotic Substances*. New York: Commonwealth Fund.

Walker, M. E. M. (1930). Pioneers of Public Health: *The Story of some Benefactors of the Human Race*. Edinburgh: London, Oliver and Boyd.

Whetzel. H. H. (1918). *An Outline of the History of Phytopathology* Philadelphia and London: Saunders.

第十一章　生理学

一　生理学与解剖学

把生命物质与非生命物质区分开来的工作要比纯粹的形态学研究有趣得多，然而，生理学的进展却总是比解剖学要慢。生理学需要化学和物理学的知识、想像和推理的能力；而解剖学研究只要用肉眼，藉助于一些简单的工具，做直接的观察和分类就可以进行了。生理学的进展有赖于其它学科的发展以及实验和分析的较广泛的应用。所以，尽管亚里士多德、盖仑和维萨里对生理学——阐明结构与功能间关系的学科颇有兴趣，但他们却没有能把自己的工作进一步推向前去，使之远远超越“烹饪”、“发酵”、“动物热”、“灵气”或“官能”等这样一些含混不清的概念。就这样，一些涉及机体动态功能的新方法直到十七世纪才被人们所认识。生理学之所以阻滞不前，不仅是由于缺乏实验技术，而且还由于缺乏那种

能够帮助而不是阻碍研究者的全面系统的理论指导。

到了十七世纪末，一种新的宇宙观稳固地建立起来了。通过伽利略、开普勒和牛顿的工作，宇宙已被人们认为是一架巨大的，为自然法则所制约的机器，而地球只不过是那些围绕着太阳旋转的一颗行星。维持着天体在轨道上运行的，不是水晶球和天使，而是引力。尽管在生物学中这种观念上的革命没有这样深刻或这样广泛，但是，这类影响毕竟也还是存在的。在此期间，明显地形成了两种不同的探索生命现象的方法，那就是以哈维为代表的"定量实验性的"方法，和为哲学家、数学家笛卡尔采用的所谓"理性与哲学的"方法。

哈维是他那个时代生理学上的最高代表人物，并且也许直到十九世纪还依然保持着这个地位。他的研究方法是亚里
289 士多德、盖仑和维萨里等人的工作发展到了顶点和标志。哈维说，通过活体解剖使他认识了真实情况——机体的活动和结构，给了他对生命现象作出新解释的思路。正如福斯特所说，哈维没有"求助于任何在实验结果和解剖事实以外的知识和概念"[1]。确实，在哈维开始研究的那个时候，化学和物理学对生物学家来说几乎没有什么重要的指导价值。虽然哈维基本上也不具备那些著名的前辈们所未曾用过的新工具和设备，但是他却受到那种曾激励过伽利略的科学哲学思想的灌输。他是他那个时代的生理学家中唯一出类拔萃的人物，并且还远远地超过了他同时代的人。

桑塔雷欧 S. Santorio 曾非常耐心地坐在天平里，测定了那些在他身体中凡是能被称量的东西。他的经历表明，在那些基本问题没有得到恰当地阐述以及可能得到的仅仅是肤浅结论的地方，单单靠测量和耐心的实验是不够的，没有适当的与研究有关的理论基础，光是数量是不会给出任何有关生命现象的见解的。由于其它基础科学没有得到发展，因此，

在十七世纪，生理学基本上处于停滞状态，只有关于血液循环的解释是个例外。那时的一些有成就的生理学家们只论述了一些纯粹是机械或解剖性质的问题。对于消化和代谢、肌肉和神经活动等的论述，则需要有化学和电学的知识。由于看到了机械论的解释在哈维工作中所起的巨大作用，一些生理学家就力图使生命现象去适合一些荒唐肤浅的机械比喻。嘴被解释为钳子；胃被解释成曲颈瓶；静脉和动脉被说成是水压管；心脏被看做为发条；肌肉和骨骼被比作是由绳索和滑轮构成的系统；肺被描述成风箱；而内脏和肾脏则被当做是简单的筛子和过滤器。

这类比喻虽然非常牵强附会或者有着明显的错误，但是人们宁愿接受机械类比而不要化学解释，这是因为当时机械力学正在取得显著的进展，而化学则仍然陷在古老的神话、晦涩的炼金术以及纯粹是由江湖郎中式的庸医所造成的困境之中。然而，在十七世纪后半叶，化学也取得了重要的进展。事实上，哈维在去世前不久就已经把生理学研究的火炬传给了波义尔——第一位现代化学家。

生理学家们把他们自己分成了敌对的阵营，或者称自己为“医学机械学家”，或者称自己为“医学化学家。”医学机械学家们相信，生物体所有的功能都可以用物理和数学原理加以解释。相反地，医学化学家们则认为，所有的这些问题都可用化学过程予以说明。给生理学的发展造成不幸的是：这两种观点互不相容；两派人士抱着自己的观点不放，他们各自坚持生命只能是一种物理现象，或者只能是一种化学现象。

机械论和活力论

从最古老的时代起一直到现在，生理学的研究始终受着“机械论”或“活力论”哲学直接或间接的指导。机械论者认为，所有的生命现象完全能用那些控制着非生命世界的物

理、化学规律来解释。活力论者则主张，生命的真正实体是“灵魂”或者是“活力”；机体是为了灵魂和靠了灵魂而存在的，而“灵魂”则不是用严格的科学术语所能理解的。

机械论者和活力论者之间的争论常常非常激烈，但是，随着新的研究的开展和新发现的获得，使得他们之间的区别渐渐变得含混不清了。这些争论到了十九世纪末看来是逐渐平息了。在意识到了这些争论充其量只不过是一些模糊的判断以后，科学家们转而开始相信生理学完全可以把这些争论抛开。有趣的是，当人们正在分子水平上对很多生命现象进行分析的今天，却同时向机械论或分析法提出了新的要求，这就迫使一些科学家除了大量提供实验结果外，还得同样地大谈他们的哲学假设。[2]

桑克托留斯 Sanctorius(**桑塔雷欧** Santorio) 1561 - 1636

桑克托留斯对他那个时代新的化学和物理学虽然没有做出过任何独创性的贡献，但他那耐心的定量研究为医学界树立了一个榜样。人们除了知道他在帕多瓦学习医学，1582年毕业，作过多次旅行以及其后定居于威尼斯，并在那儿开业行医外，很少知道其它有关他的事情。1611年，桑克托留斯被委任为帕多瓦的理论医学讲座教授，在那里，他作为一个教师受到人们高度地赞誉。1629年辞职后，他回到了威尼斯，重新行医并从事研究。

关于桑克托留斯，人们最为熟悉的是他所做的关于饮食之后以及睡眠、休息、活动和患病期间体重变化的研究。1614年，在一本题为《静态医学格言》的小册子中，他将所得的结果以一组格言的形式发表了出来。很明显，这是一本畅销书，并被翻译成好几国文字，它的拉丁文本重版了三十次以上。困扰着桑克托留斯的是一个与现代的代谢概念相类似的问题，他称之为“觉察不到的出汗”——一个设想为挥发性物质

离开身体的过程。这本书中提出的每一句格言都来自于他精心测量所得到的推论。虽然对他实际的实验方法只提了一个轮廓，但是有一点是很清楚的，他曾仔细地称量了自身、他所摄取的所有食物和饮料以及所有的排泄物等。在约三十年内，他花了尽可能多的时间，通过坐在一把悬挂在秤上的椅子里进行自我称量。

他在书的前言中写道："任何一个人都应当具有将'觉察不到的出汗'精确测出的能力，这在医学中确实是件前所未 291
闻的新鲜事。没有任何一个人，无论是哲学家还是医生，曾敢于着手这一部分的医学研究。我正是第一个进行这样实验的人；如果我没错的话，那么我已经通过推理和三十年的经验使科学的这一分支达到了完美的境地。"由于想到或许会有人愿意分享他的兴趣和耐性，他建议他们使用一个类似的天平，对此天平进行校正，使之在适量的食物被消耗时能作出指示，然后坐在这架天平上进食过一段"循规蹈矩"的生活。[3]

虽然很难想像真会有人按他的建议去生活在天平上，然而他的某些发明却有着临床的意义。1612 年，他描绘了一个相当笨重的可用于测量体温的温度计。1625 年，他详细说明了临床温度计在疾病研究中的用途。他还发明了一种用于测量湿度的湿度计、在床上替病人洗澡的方法以及一种对脉搏进行比较的手段。以前由于缺乏能精确地测量出一小段时间间隔的手段，医生们就只能说出脉搏的节律或强度。桑克托留斯通过调节单摆的绳长，使之与脉搏的跳动相匹配，用这样的单摆他就能比较脉搏的速率了。

桑克托留斯所得的推论即使远远抵不上他在工作中所作出的努力，但是，无论如何，他的研究和发明的精神得到了高度的体现。毫无疑问，如果他知道自己的工作是怎样受到人们的嘲笑或遗忘，而另一个几乎完全无意于单纯测量的

人，其工作却向生物学家们表明了一种伟大的启示时，他会感到何等的惊讶！那个人就是数学家和哲学家笛卡儿。

笛卡儿 René Descartes 1596－1650

尽管巴拉赛尔苏斯和他的追随者们坚持生命化学理论，但生理学历史的进程还是被拉向了机械论哲学的轨道。这主要是由于笛卡儿著作所起的作用。笛卡儿自己虽然在生理学方面从未有过什么独到的发现，也从来没有哪怕仅仅是为了支持自己的先人之见而作过解剖分析，然而他却向他的追随者们提供了一个完整的机械论体系。他的关于生理学的著作并无意要对那门学科做出什么特殊的贡献，而只不过是将其作为总的哲学系统的一部分而已。

笛卡儿出生在一个富有的家庭里，早年曾深受疾病的折磨。母亲在他出生时就去世了，而他那"虚弱的肺"看来似乎注定要使他夭折的。他曾在一所耶稣教会学校里接受早期教育。在那里，他所受到的绝大部分的教育给他留下的仅仅是诡辩的印象。他发现，在所学的全部学科中，只有数学才是实实在在的。尽管笛卡儿确信自己能够建立起一个把所有自然学科结合起来的哲学结构，但是，在他听到伽利略受到迫害
292 时1633，却把自己的《论宇宙》一文隐匿了起来，因为这篇文章对迫害伽利略的那个审查机构来说，拥有的不安全成份太多了。有一个时期笛卡儿就只发表一些论述较为安全的题目的著作。有一些很重要的和充满独创精神的著作直到他去世后才被发表。

连一个肤浅的哲学导论也将包括笛卡儿的系统和他的著名警句"我思，故我在"。当笛卡儿以怀疑一切的态度去实施他的哲学方法时，他所确信的就是这个观念。在他去世后，他的伟大论文《论宇宙》的几个部分得以出版了。对于生理学来说，其中最重要的著述是《论人类》和《论胚胎的形成》。

在笛卡儿的科学工作中，那些主要的前提一般说来是正确的，有些甚至是对以后进展的光辉预见。但在一些细节上，他的工作中却有很多错误。他的方法包括决定某些概念是否能通过他那评判真理的标准——清晰和明确。这些概念是所谓"不言而喻"的，并且应当成为建立其它真理的前提。笛卡儿虽然承认观察的重要性，但他依然是一个唯理论者。他让实验和观察所获得的原始事实服从于理性的验证和他的先验原则。笛卡儿偏爱柏拉图的抽象的数学世界，而不喜欢哈维和桑克托留斯的定量方法。由于可不受自然的复杂性甚至于反常性的阻碍，因此他选择了从抽象的观念开始，以推理的方法来接近真理的途径。他认为，第一个真实的存在就是作为一个思维实体——他自己的——存在。笛卡儿的宇宙是一个巨大的机械系统，在其中，上帝是所有运动的"最初起因"。物质的基本特性是广延性、可分性和运动性。笛卡儿说道："给我运动和广延，我就能构造出世界。"他否定德谟克利特和卢克莱修的原子理论，并且，在他的宇宙中不考虑任何空洞无物的空间的存在。

动物被看做是具有各种生理功能的自动机器，而所有的生理功能又可用纯粹的机械术语解释为物质微粒的运动以及由心脏所产生的热的运动。盖仑的"三灵气"学说被另一学说所取代了，在这一学说中，只有"动物灵气"保留了下来，并被转变成了用在脑和神经中的"液体"。按照笛卡儿的解释，甚至人体本身也只是另外一种"尘世间的机器"。这种"机器"不同于动物自动机器，它有着居住于人体内，并控制着人体的"理性灵魂"。由于"理性灵魂"起着思维、意志力、意识、记忆、想像和理性的代理者的作用，因而它是唯一受到纯粹的机械解释豁免的实体。

笛卡儿有关人类生理学论文的目的，是要把将宇宙看成

是一部机器的概念扩展到人类，把人也解释成为一部遵循物理定律而活动的机器。[4] 为了达到这一目的，他对他那个时代的解剖学知识进行了摘选，并且，自己还独立地进行了解剖实验，此外又加上了某些尚未证明的所谓“不言而喻”的概念，编造了一套将机体活动看做为机器活动的理论。他用物理学术语来描述食物的消化和吸收，在这些描述中，他用了人们能够料想得到的磨、研和筛滤这样一类比喻。笛卡儿对
293 哈维新近关于血液循环的研究工作——机械系统的一个完美的范例——很热心，但是却又将这一工作中的许多内容误解或者歪曲了。他把心脏看做是一部“热机”，而不是看作液泵。他继续保留那种把心脏的搏动作用看作是膨胀步骤在起作用而不是收缩在起作用的古老观点。这样，就直接与哈维的观点相对立了。

在笛卡儿看来，心脏中含有“一种‘无光之火’……它给心脏以如此强烈的火和热”，以致于血液一进入心脏的两个室或腔中的任何一个时，就立即扩张、膨胀。笛卡儿写道：“存在于我所描绘的这部机器中的心脏之火，除了具有使血液膨胀和趋于精细，以及给血液加温的功能之外，别无其它任何作用。在此作用下，血液一滴一滴持续地经过腔静脉的通道
294 而进入心脏右腔，再从此处散发到肺部……”[5] 由于可使用温度计，因此即使在十七世纪，要明确无误地验证一下把心脏作为一部热机的看法，从技术上看就当然是简单易行的了。但是，这种使所谓不言而喻的看法去服从原始实验证据的方法，笛卡儿是决不会采用的。

与火热的心脏相反，肺脏被描述成娇嫩、柔软和由空气的作用而维持着新鲜状态的组织。在冷的肺组织中，血液蒸气凝聚起来，然后“一滴一滴地注入心脏的左腔里”。在讨论血液循环、消化、呼吸和其它一些生理现象时，笛卡儿利用了

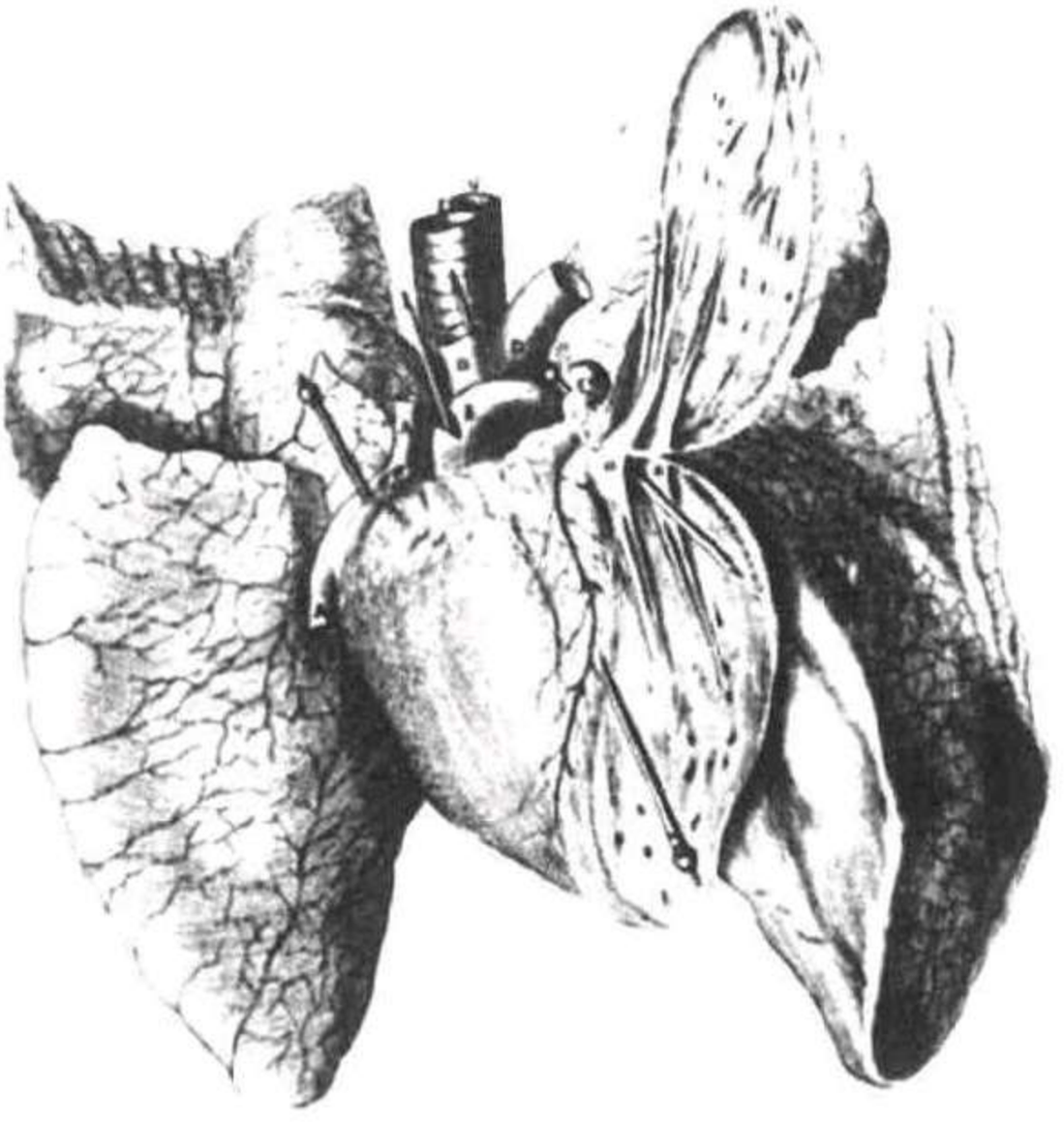


图 11－1　笛卡儿的心脏图
引自 J. F. Fulton L. G. Wilson《生理学史选读》 1966

维萨里和哈维的工作，因而他能非常容易地重新组织他们的发现以适合自己的意图。不过，在神经系统方面却存在着较大的挑战，笛卡儿勇敢地向此课题发起了进攻。依他看来，所有其它的系统都受制于神经系统，它们承担着为神经活动的能量提供物质基础的工作。神经系统则转而去执行“理性灵气”的各项指令。因此，血液中最强有力和最为精细的部分经由动脉血管这一发自心脏的最直接的通路而被携带至脑室腔中。这些特殊的部分不仅营养和支持着脑实质，而且还“产生某种非常精细的气息，或更确切地说，某种非常活泼而纯粹的火焰，这就是所谓的‘动物灵气’”。“动物灵气”通过在脑内的导管就能进入神经。由于“动物灵气”具有进入某些神经而不是其它神经的倾向，因此它们“能改变嵌有这些神经的肌肉的形状，这样，便能使身体的各个不同部分发生动作”。[6]

笛卡儿尽管仍旧提到“动物灵气”，但是他却把这种灵气变换成了一种特殊的精细液体，这种精细液体遵循那些适用于流体的普通物理学定律，因而它以一种纯粹的机械方式沿着神经流动。在他看来，神经是一些管子，其中有瓣膜控制着神经液体的流动方向，就像静脉瓣膜控制着血液流动一样。这是一个很清楚的例子，它表明了笛卡儿是如何喜欢描述那些适合于他理论的结构的，尽管没有任何解剖学证据能够证明那些结构的存在。

笛卡儿的著作比维萨里的约晚一百年，按说他本应从这段时间里所取得的科学进展中得到教益，然而在某些方面，尤其是在涉及神经系统时，他的观点却倒退了。为了理解神经和肌肉间的相互关系，维萨里曾做过很多活体解剖，并且
295 还把人脑的结构与其它种类动物的脑进行了比较。维萨里知道，脑功能大小的差异并不是仅仅通过解剖就能揭示的。他信任大自然的书卷，而嘲笑那些“由从未研究过上帝亲手创

造物的人们所虚构的胡言”。笛卡儿研究过“上帝的亲手创造物”，但在他关于神经系统的解释中，却对上帝的创造行为作了修饰。他每天去肉店看屠宰动物，并且还做了一些解剖，“尤其是为了解释‘想像’、‘记忆’等究竟是由什么所组成的而对不同动物的脑子进行了解剖”。为了给出一个清晰的有关脑和神经系统功能的解释，笛卡儿的讨论尽管看上去只涉及了某些一般性的常识，但是他却将各种各样的成份和活动纳入了一个实际上并不存在的系统之中。

在他的系统中，一个主要的问题是如何来解释理性的灵气和人体——这种尘世间的机器——是如何相互影响和相互作用的。按笛卡儿的说法，松果腺是灵魂的所在地，并且也是非物质的灵魂和肉体机器之间相互作用的唯一场所。选中松果腺，一是因为它位于脑的底部，并且是成单而不是成双的器官；二是因为它被假定为错误地仅仅存在于人体中而不存在于较低等的动物中的一个器官。笛卡儿相信，它非常柔软而活泼，并且是动物灵气的贮存所。

动物灵气沿着神经流动，并从神经流到肌肉，然后由肌肉引起四肢运动。笛卡儿将机体的神经、肌肉和肌腱与用来驱动法国皇家花园内洞穴和喷泉中装置的引擎和发条进行了比较。那些花园很像一个迪斯尼乐园 Disneyland 的雏形。在那里，当游客揿下暗藏的键盘时，那些机器鬼怪、男女诸神们就四处活动了起来。在笛卡儿的解剖系统中，神经不仅具有瓣膜，而且还有一种纤巧的导线，贯穿于从脑到感觉器官的整个神经空腔中。所以，沿着这根导线最微小的运动也将牵动导线在脑内的起源处，并使脑内表面上的小孔口打开，让动物灵气流入相应的肌肉中，从而引起这架人体机器相应的运动。除了人类的思想之外，机体其它所有的生理功能也被看作是像钟表、磨坊或任何自动器的运转一样，纯粹是机

械性的。这些观点使人想起了柏拉图把人作为"众神的玩偶"的描述。

笛卡儿甚至用机械术语来解释思想和情感。人的观念被他定义为"动物灵气在离开松果腺时所获得的印记"。但是，在说到观念是否就是那印记在物质上或仅仅是印记在灵魂上的种种差异时，他就并不总是那么前后一致的了。记忆，似乎是一种生理性记录，它就像永久性的印记一样，被印在了神经纤维上。既然人是灵魂和肉体的结合物，那么，情感在灵魂中以及在身体这部机器中就都应该能被体验到。例如，灵魂中体验到的快乐，在身体中也有其相应的部位，那儿的血液较其它部位的血液更为精细，在心脏中更容易扩张，并且更容易使神经兴奋。

当然，如果以精确的解剖学和生理学知识来判断，笛卡儿在解剖学知识中混入了那么多的想像，这确实是错误的，但他的学说却得到了人们广泛的理解、仿效和信任。他向科学家们挑战，要求用对待所有其它科学问题相同的方式来处理人类肉体和精神这两方面的问题。斯坦诺把笛卡儿看成是第一个"敢于以一种机械方式来解释人类的全部功能，特别是脑的功能"[7] 的人。

起初，笛卡儿的哲学遭到了教会的批评，但是，尽管他的
296 系统基本上是唯物的，和解最终还是产生了。像其它许多思想体系一样，笛卡儿的体系也是以异说为开端，以教条为终止的。不过，机械论的方法还是指导了很多比起笛卡儿来更倾向于实验的科学家们。例如肌肉活动就是博雷利这一类医学机械学家们所喜爱的课题。

博雷利 Giovanni Alfonso Borelli 1608 – 1674

像笛卡儿一样博雷利也喜欢对生理过程作机械式的解释。但是在一些很重要的方面他却与笛卡儿不同。如果笛卡

儿可看做是一种哲学——医学机械论的奠基者的话，那么博雷利就可看做是一门实验科学——医学物理学的奠基者。

博雷利的早期生活很少为人所知。1608 年他诞生于那不勒斯 Naples，他的父亲可能是服务于西班牙菲利普三世的官员。在博雷利很小的时候，他的数学天才就为人们所公认了。到 1640 年，他被聘为墨西拿 Messina 的数学教授。由于受了伽利略工作的启发，他在获得学校的同意和经济上的支持后，请了长假到佛罗伦萨跟随伽利略以及托里柴利 E. Torricelli 学习。不幸的是，伽利略就在当年去世了。博雷利返回了墨西拿，并在 1649 年出版了他的第一部著作——一本描述西西里流行病盛行情况的著作。很明显，此时他已对医学问题感兴趣了。但是，他是否正规地学习过医学，却是值得怀疑的。1656 年，他应塔斯坎尼的公爵费迪南 Ferdinand 邀请，前往比萨大学任数学教授。博雷利的绝大部分研究工作是在这里完成的。博雷利的开场演讲据说被他的那些学生听众们的哄闹和嘲笑所打断，尽管这样但他还是继续在此教数学。后来，他与马尔比基合作，开始研究起解剖学来了。

博雷利帮助了比萨大学，使其在数学和医学这两方面变得著名起来，并且成了一个倡导自然科学新实验方法的中心。博雷利和雷迪一起建立了辛曼托研究院。尽管博雷利是研究院的领导者之一，但是其他一些成员觉得他的个性几乎是无法忍受的。他被说成是一个脾气恶劣、好争论、顽固和忌妒他人的人，并且在受到反驳或批评时会变得怒不可遏。他 297
在比萨度过了其间伴随着与同事们多次争吵的十二个年头之后，由于恶劣的气候和需要安逸与清静，博雷利请求离开学校。1668 年，他回到了墨西拿大学。在那里，他沉迷于文学、古文物研究、对埃塔那火山 Mount Etna 喷发的调查，以及继续进行有关动物运动问题的探讨。1674 年，他被指控卷入

了将西西里从西班牙独立出去的政治阴谋之中，因而被迫逃亡到罗马。在那里，他成了前皇后克里斯蒂娜 Christina 的非官方知识分子团体的成员。博雷利也成了克里斯蒂娜的医生，并在她的科学院中讲演。1676 年，他的巨著《动物的活动》差不多快完成了，但更大的不幸袭击了年迈的博雷利，他被人骗去了全部钱财。在他的书出版之前他就去世了。一位教会的显贵给他的书加了一个导言，在导言中赞扬了博雷利在天文学演讲中确认教会权威的行动。在有关生理学方面，由于博雷利承认书中所描绘的全部机械现象最终都受灵魂的控制，因而他仍然是一个教会的忠实信徒。

博雷利的那部生理学专题巨著企图彻底地应用数学和机械的原理来研究肌肉的功能。他把生理学看做是物理学的一部分，他期望通过数学证明来修饰它，并使其丰富起来。他写道，这本书“包含有关于收缩的力学分析：即肌肉是怎样在关节处起作用的；为了克服某一机械阻力它们必须产生多少张力等等。它也包含了对神经的交互支配和肌紧张等现象的有趣观察”。这本著作的第一部分按照机械学的原理从几何学的角度来看待肌肉，论述了单块肌肉和肌肉群的运动[8]，也同样谈到了关节。博雷利还论述了人和动物的姿势以及像步行、奔跑、游泳和飞翔等不同种类的运动。第二部分是肌肉收缩起因的研究。动物运动被分成了外运动例如那些由骨骼肌来实现的运动和内运动如心脏和内脏的运动以及体内流体部分的运动。为了认识动物的运动，博雷利检验了肌肉的结构及其各个部分以及它们的可见活动。研究是按照下列顺序进行的：从运动系统的最简单单元——随意肌，到比较复杂的器官和器官系统，最后到作为一个整体来考虑的机体的运动能力。

博雷利由于对自己的方法极为信任，因而他敢于这样来对肌肉力学进行研究：即把它当作一个“几乎是直接地应用

已知的机械知识就可以解决的问题。并且，对这个问题除了要确定一些必要的数据之外，几乎不需要再做什么特殊的研究”。当时，肌肉的研究是通过对其细微结构的显微观察来进行的。在此领域中，博雷利的朋友马尔比基是领导者。但是，斯坦诺通过显微研究也已经系统地阐述了一个较新的肌肉结构概念。博雷利和斯坦诺都同意在肌肉收缩这样一个重要的基本事实中，起作用的是肌肉中的肉质纤维，而肌腱的纤维是不参加收缩的，它仅仅是个被动的因素。[9]

心脏活动特别能引起博雷利的兴趣。他比笛卡儿更具有实验的倾向，他认识到心脏与其说是一架热机，还不如说是一个肌肉泵，从下列简单的实验即可得到证实：在一头鹿身上做的活体解剖实验中，他测定了心脏和体内其它器官的温 298
度，从而证实了心脏的温度与身体其它部分的温度并无明显的差异。博雷利把心室比作压榨机或活塞。他并且还注意到，在收缩期间心室壁使已挤出了血液的那部分容积消失。他断定，在收缩期间心脏肌肉的整个体积增大了，这是肌肉活动的一种普遍现象。收缩期间，肌肉明显地变硬和紧张，这必定是由于有某种东西在那时流入肌肉而引起了肌质膨胀，或者是由于动物灵气从脑通过神经流到肌肉，在肌肉中触发了突然的发酵。博雷利试图系统地阐明一个严密的机械解释，他提出，肌纤维是由菱形块串成的链；收缩是由于大量的楔形相互嵌插而引起的膨胀。

在努力阐明神经和肌肉间相互作用的过程中，博雷利首先抛弃了那些用非肉体的因素进行解释的学说，如灵气学说或空气学说等。如果空气像风一样冲入肌肉的腔室中，那么实验就必将能表示出来。但是，用一个简单的实验就可以驳斥这个假设。在此实验中，将活的动物的肌肉纵向分开，并使其置于水中。如果某种“有生机的气体”已经进入了肌肉，那

么它将从"伤口中喷出,并从水中升起"。肌肉的膨胀不可能仅仅是由神经传递的影响所引起的,它必定是由存在于肌肉本身的某种东西所引起的。当神经把某种影响从脑传递到肌肉时,在肌肉中,博雷利写道——

> 就会发生某种像发酵或沸腾一类的事情,从而产生肌肉的突然膨胀……。当浓硫酸倾倒到浓酒石酸中去时,确实就像所有浓酸在混以固体盐类时一样,立刻伴随着一个突然的发酵而沸腾起来。正在精心进行着的不计其数的这类化学实验都清楚地显示了这样一种沸腾和突然的发酵是可能的。同样,我们可以假设,在肌肉中发生了一种有点类似的混合,这种混合导致了一种突然的发酵和沸腾,使肌肉的多孔结构因充满混合了的物质而扩张,这样就出现了肌肉的肿胀和膨大。[10]

在确定不同的肌肉能支持多少重量的实验中,博雷利发现,上下颚两边的肌肉在共同作用时能承担三百磅以上的重量。他猜测,对于特定的单位体积来说,所有健康的肌肉组织的收缩力是相同的。这样,他就从对某种外部肌肉的测量中推断出心脏或其它内部的肌肉所可能产生的力。尽管他的数
299 据太粗糙,以致于不可能从中产生出正确的数值来,但他的那些基本看法还是好的。实际上,直到十九世纪后期人们才对肌肉的行为进行了精确的数学分析。

在博雷利看来,消化作用基本上也是一种机械性的过程。强健的胃部肌肉以及它们粉碎食物的能力给他留下了深刻的印象。这种情况在某些鸟类中特别明显,它们"仅由于胃肌本身的运动就能对食物进行腐蚀、研磨和粉碎"。博雷利作了一些实验来证明这一点。他把"实心或者空心的玻璃球、中

空的铅块、锥形的木块和很多其它的东西"导入火鸡胃里，第二天他发现，"铅块被压碎和腐蚀了，玻璃成了粉末，残留的食物也处于同样的状态之中"。为了定量地测定胃部肌肉的收缩力，他把人臼齿咬碎某些坚果壳所产生的力与火鸡的胃把强度相当的玻璃小球研成粉末所需的力进行了比较，从而证明了：牙齿和肉质胃的作用是一样的，因为它们两者都"像榨汁机一样，通过压力而起作用，并且克服的是同样的阻力"。他断言两者的动力是相等的。由于他已经证明了"附着在人类颚骨上的肌肉产生的全部收缩力大于 1350 磅"，因此，他推算出火鸡胃的力"决不低于 1350 磅"。[1]

博雷利承认在生理过程中还有某些化学反应起着作用。他认识到食肉禽消化食物是"以某种强有力的发酵为手段的，就像腐蚀液腐蚀和溶解金属一样"。他的某些较极端的追随者们拒绝承认这样一种消化液的存在。这些极端的医学物理学家们争辩道，胃的唯一作用就是把食物捣碎成食糜。

当博雷利正在著述关于他对肌肉的重大研究时，其他的科学家们则在通过简单的实验以证明肌肉收缩并未增大体积。戈达德 J. Goddard 和格列森 F. Glisson 两人都证明了肌肉在水底下收缩时水平面并没有增高。

格列森和应激性

Francis Glisson 1597 – 1677

格列森对各种医学和生理学的问题都感兴趣，例如佝偻病、肝的细微结构以及"应激性"的生理本质等等。他去研究医学，可能就是受到了哈维工作的鼓舞。1634 年格列森成了医学博士，1636 年被委任为物理学钦定讲座的教授。格列森是一个令人感兴趣的知识分子团体中的一员，这些成员相聚在格雷沙姆 Gresham 学院，其后又由他们创建了皇家学会。在内战爆发时，格列森不得不离开在保皇党影响下的剑桥。

他是一个忠实的长老会教徒。尽管在他去世以前一直保有钦定教授的职位，但他在剑桥几乎没有待多久。他虽然没有讲授过任何课程，但为了考查那些医学博士学位的申请者们，偶然也要到剑桥去一下。他对自己的教授职位并不重视，但他还是向学校索取了完全是在科尔查斯特度过的五年中学校所欠他的薪水。

格列森在研究肝脏时，试图解释为什么胆汁不是连续地而仅仅是在需要时才释放到肠内的现象。通过实验他发现，当胆囊和胆道被刺激时能释放出更多的胆汁。他争辩道，这种现象的产生是因为它们有应激的能力。格列森的这一"应激理论"在生理学说中很有影响，这主要是由于哈勒的研究所造成的，后者广泛使用了这一概念。格列森用"应激性"这个术语去描述一个很大范围内的各种现象，但是哈勒却想把这一概念限制为只指有外部刺激时肌肉发生收缩的那种特性。其他的工作者们则把这一概念扩展到指生物体内的任何一种变化，而不管这种变化是发生在运动方面、形态方面，还是发生在生长方面。

斯坦诺 Nicolaus Steno 1638 - 1686

人们之所以对斯坦诺一生的生活和工作感兴趣，不仅是因为他对解剖学和地质学做出了很多贡献，而且还因为从其中人们可以看到宗教和科学这两个互相冲突的方面都在吸引着他，并由此而使这样一位令人瞩目的天才在精神上处于紧张状态。斯坦诺是一个富有的金饰匠的儿子，他诞生在哥本哈根，并在那里接受教育。斯坦诺显然是一个好动性格的牺牲者，他广游天下并在很多地方从事过研究工作。在阿姆斯特丹期间，斯坦诺发现了耳下腺唾液管，并以自己的名义将其命名为斯坦诺氏管。在巴黎他做了有关脑解剖的重要研究。在佛罗伦萨，他得到了塔斯卡尼大公的支持和鼓励，并且

被指派到一个医院任职。该职位几乎不占用他什么时间。斯坦诺被选入由公爵的兄弟、梅迪西的利奥波德 Leopold dé Medici 创建的辛曼托 Cimento 研究院。正是在这期间斯坦诺进行了他那著名的有关鲨鱼的考察。这项工作引导他重新考虑"石舌"成了化石的鲨鱼牙齿这一古老问题，并且提出了一些新的有关地质学和化石形成及其意义的有预见性的见解。

斯坦诺的父亲是一个狂热的路德教徒，但是他在经历了一段时间的精神危机后，最后却皈依了天主教。当初，斯坦诺在巴黎时，博瑟特 Bosseut 曾想说服他皈依天主教，但没有成功，这是因为斯坦诺太忙于科学而无法再对神学感兴趣了。当他三十六岁回到佛罗伦萨后，发生了一个突然的变化。他 301
在附属于诺维洛 S. M. Novello 修道院的药房里结识了一位卖药的修士，他们谈起了关于拯救灵魂的问题。这次谈话引起了斯坦诺对宗教信仰和科学的深思。在不到一年的时间内，他终于放弃了科学而成了一名教士，并接受了神职。尽管这样做可以带来很多世俗的利益并得到晋升，但是却似乎破坏了他理性的平衡。斯坦诺作为一个名誉主教而被派往各国去争取皈依者。热衷于实现自己宗教目标的斯坦诺，为了完成这一使命甚至于想利用他的科学家的声望。经教会批准，斯坦诺在哥本哈根一所异教徒的大学里教授解剖学。不过，此时他所热衷的已不是科学而是宗教了。不久以后，他便退职以献身于普通教士的工作。他逐渐变成了一个日益虔诚的苦行者，这使他毁了自己的健康，在四十八岁时就去世了。

在皈依教会前，斯坦诺的抱负是要把伽利略的方法和哲学运用到肌肉收缩这一生物学问题上来。尽管他所用的方法主要是属于几何学的，但是，他关于肌肉收缩性质的分析却证实了这样一个事实，即一块处于活动状态的肌肉的明显肿胀是因为肌纤维的缩短，而在体积上并没有增大。斯坦诺的

某些看法可能是受到另一个古怪人物施旺麦丹的影响。他们两人在莱顿认识后，于 1665 年一起到了巴黎。施旺麦丹已经做过证明肌肉在收缩时并不胀大的实验；也已证明，在心脏被切除后，蛙仍能游动一段时间。他们又进一步用实验表明，在头部被切除后，龟的脚和尾巴仍能继续活动长达二十四小时之久。不仅如此，一颗离体的心脏也能继续跳动一段时间。在用狗做实验时斯坦诺注意到，当他切断或重压某根神经时，肌肉会痉挛。他争辩道，从一些实验证据，例如从心脏是肌肉这种事实来看，有关肌肉的某些问题是十分清楚的。虽然没有任何新的血液流入心脏，同时也没有任何新的“灵气”能进入那些源自脑部的神经中，而心脏却能在离体情况下继续跳动。这一情形给斯坦诺留下了深刻的印象。他认识到，那些论述被推测为可能参与肌肉活动的所谓“灵气”或“液体”的大量著作，仅仅是企图掩饰一种极度的无知。他写道：“虽然很多人谈到动物灵气、血液的更为精细的部分以及神经液等，实际上，这仅仅只是一些毫无意义的词句罢了。”[12]

显微镜的使用看来就像新的实验精神那样，对斯坦诺的工作有着很大的影响。由于研究了组织的微细结构，他把肌肉看成是许多运动纤维的集合体，而每根运动纤维又是纵向排列的微纤维的复合体，其中间部分在密度、厚度和颜色上都不同于终端部分。发生收缩的仅仅是运动纤维的肉质部分，这部分变得较短、较硬，表面亦变得较为皱缩不平。在肌肉收缩期间肌腱部分则没有变化。这样有关肌肉和肌腱的古老的错误概念终于在十七世纪被纠正了过来。那些把肌腱和神经混淆起来的希波克拉底派的学者们曾猜测，运动是由肌腱引起的，而肌肉只是被动的、肉质的物质。斯坦诺曾写道：

对于那些贬低科学价值的人们，我要向他们提出这

样一个要求：他们应当问一下自己的良心并且查看一下，当他们在解释中风、瘫痪、惊厥、体力衰竭、晕厥以及影响动物运动的其它疾病的症状时，他们大胆而心安理得地声称的那些教条究竟有什么可靠依据？查看一下当他们应用他们的方法来治疗这些疾病，而所得的结果不是消除瘫痪也不是消除惊厥，而是"消除"了患有瘫痪和惊厥病的人时他们又是站在什么样的基础之上的呢？[13]

这样一位能如此确切无疑地阐明科学价值来捍卫科学的人，竟会放弃追求科学真理，这实在是一件奇怪的事情。

二　十八世纪的生理学

十八世纪的生理学尽管仍是一个臆测与实验相结合的产物，但人们对这些理论和实验问题的探索却达到了前进了一步的新的水平。生理学家们在消化和呼吸研究中所取得的重大进展，反映出了化学革命对这方面研究工作所产生的影响。在这方面研究工作中，有许多部分是由一些重要的医学院校中的教师们发起并促进其发展的，如莱顿大学的波尔哈夫 H. Boerhaave 就是其中的一个，他教授化学、物理学、植物学、眼科学和诊疗学。

波尔哈夫 Hermann Boerhaave 1668 - 1738

在波尔哈夫的一生中，他曾被誉为一个像牛顿那样知识渊博的人。据一个描写有关波尔哈夫国际声望的故事，说一封来自亚洲写着"给世界上最伟大的内科医生"的信，是直接送给了波尔哈夫的。[14] 然而令人费解的是，为什么今天他竟几乎完全被人们遗忘了。波尔哈夫的影响更多的是来自他的教学和著述而不是他的研究。确实他没有作出过任何独特的

发现，并且他的某些论述显然也是十分错误的，譬如他否认胃液是酸性的就是一例。在涉及生理学理论时，波尔哈夫的观点是折衷的，他认为解剖学、物理学和化学都有它们各自
303 的用处。他的《化学基础》一书在出版约八十年后仍被赞誉为"世界上到目前为止所看到过的最渊博最灿烂的化学论文"。

哈勒 A. von Haller 曾亲聆波尔哈夫的教诲，但他在实验生理学上的贡献超过了他的老师。

哈勒 Albrecht von Haller 1707 – 1777

哈勒是一个多才多艺的人，或至少是一个兴趣广泛的人。这是因为除了他的科学工作外，他还是一个诗人、传记作者和政治家。他在生理学上也有相当大的贡献。尽管他几乎为忧郁、恶劣的健康状况和因活体解剖中的痛楚所引起的深深的厌恶情绪所击倒，但他还是做了极为大量的实验。

哈勒无疑是一个神童，十岁时就已经掌握了希腊语、希伯来语、文学和自然科学。十五岁时写了一首叙事诗和几部悲剧。就像他在巴塞尔和数学家贝努利 Bernouilli 搞研究那样，在比利时及英格兰的旅行使他的教育得到了扩充。十九岁时他取得了医学学位，并成了一名杰出的内科医生和为教师波尔哈夫所赏识的学生。1736 年在英格兰的乔治二世 George II of England 和汉诺威的选帝侯 Elector of Hanover 的授意下，哈勒被指定为新成立的哥庭根大学的解剖学、植物学和医学教授。他建立了一个植物园、一个解剖学示范教室和一个科学学会，传播了波尔哈夫的学说，并出版了很多科学著作。尽管在科学和教学工作中他获得了成功，但他变得日益消沉，并且愈来愈思念故乡了。由于总是受到糟糕的健康状况的折磨，他几乎时常要服用鸦片。在哥庭根度过了十七年之后，哈勒辞去了所有的学术职位而回到伯尔尼 1753。他把生命的最后二十四年用在著述、文献研究和为政府服务

之中。他成了瑞士议会的一员，积极从事公众卫生事务，并建立了一所国家孤儿院。尽管他积极从事于科学和慈善事业的活动，但他还是渐渐地变得更为消沉而近乎病态了。逝世前，他用手搭在自己脉搏上，告诉朋友们："动脉不再跳动了。"[15]

百科全书式的《生理学基础》一书，是哈勒对生理学所做出的许多贡献之一。他的研究和评论性文献所涉及的范围是如此广泛，以至于在其后的马让迪 Magendie 抱怨道，每当他认为自己已经做了一个前人未曾做过的新实验时，他总是发现哈勒已想到过或描述过这个实验了。《生理学基础》尽管长达八卷，但它却以简洁易懂的形式对那个时代生理学的状况作了便于实用的总结。

哈勒和他的学生们扩充了解剖学知识，并且，他们通过实验以及在解决生理学问题中应用了动力学原理，从而把解剖学知识与生理学联结了起来。他的研究涉及各种器官和器官系统的形态和功能。例如，肌肉、神经、血管、循环和呼吸系统，骨的形成和胚胎的发育等。他对药物的作用也很感兴趣，并时常在自己身上作试验。

304

在哈勒的工作中，最为人们所牢记的是他对于肌肉"应激性"和神经"感受性"所做的重要研究。他虽然应用了格列森的应激性概念，但缩小了这个术语的定义范围。他证实了在机体器官中，有些部分是可兴奋的，而其它一些部分则是不易兴奋的。在他看来，生理学家的任务是通过活体解剖实验来确定各个部分分别属于哪种范畴。可兴奋部分被定义为在触及时能收缩的部分，而感受部分则是那些在受到影响时将信息传向脑的部分。他发现肌腱、骨、脑膜、肝、脾和肾是不敏感的。他还证明了肌肉具有应激性是由于神经的关系，例如，他证明，在刺激某些神经时膈膜会收缩。

在《生理学基础》一书中，哈勒讨论了收缩力的性质，他

认为这种收缩力在植物界和动物界中都存在。通过这种收缩力,"纤维的各种成份互相靠近"。在哈勒看来,这种收缩力不仅是通常产生内聚性的原因,"而且在以下事实中这种收缩力也被清楚地表现了出来,即:一根沿其长轴拉长的纤维,在放松后迅速回复到原先的长度,并且在回到初始长度以前,从不放弃变短的努力。"[16] 在讨论了各种普遍现象后,哈勒集中到了一种为肌肉所特有的特殊收缩力问题上。在一个活的或刚死不久的动物体上,他经常发现肌肉组织的自发收缩运动。这种收缩性可通过施加一些诸如捏、针刺或某些化学药剂等类的刺激所引起。

哈勒论证道,由于"控制它们的法则和持续时间以及位置上的不一致","活体收缩力"和自发收缩之间存在着根本的差异。他称在生物体中的特殊力为"固有力"vis insita。存在这种力的组织是可兴奋的。他说应激性的性质不同于触觉或其它感觉。他是这样写的:"存在着很多能感受却不易兴奋的部分,尤其是神经它的感受性高于其它所有的部分,但是除却上述的甚至在死的机体上也能发现的那种共有的收缩外,神经不具有任何收缩力。"他断言应激性是肌纤维特具的性质。当其他人把这种特殊的力称为"生命力"时哈勒拒绝这样做,因为他发现这种肌肉的特殊收缩力在机体死后还能存在相当一段时间。他宁愿称这种力为"肌肉的固有力或自身的
305 力"。他发现在肌肉中还存在着另一种力他称之为"神经力"。这种力通过神经从脑中带到了肌肉里并且这种力有引起肌肉收缩的力量。但是它也不能被称为生命力,因为在死了一段时间的动物身上冷血动物或温血动物也发现有这种力。

尽管哈勒认识到要理解脑和神经系统是多么困难,但他仍然以一种异常严谨和不守旧的态度去对待它们。他总是力图以实验来作为自己的指南。他说:"由于脑和神经的性质相

同，因此它们在功能上也是相同的。在研究脑和神经的时候，我们要尽可能地利用实验，至少在开始的时候，不要超越我们的感觉所能证实的限度。”实验表明，只有神经才是引起感觉的工具，所以机体上只有那些有神经分布的部分才能体验到感觉。神经的另一个作用是在肌肉这一唯一的运动工具中诱发出收缩的力量。哈勒通过刺激活的动物脑的不同部分来确定由各种运动引起的感受性。他所感兴趣的是这样一个问题，即脑的各个特定部分是否存在着特定的性质和特定的功能。当试图通过研究各种各样的动物病理过程和动物病理实验来回答这个问题时，他意识到该问题太复杂了，以致在那个时代是无法得到满意的答复的。他只得甘于依据那些可能获得的证据以及从有限的可用资料中得来的推测而进入到“揣想”之中去。

在考察古人以及他同时代人们的那些观点时，哈勒拒绝了他们关于神经系统性质的大部分臆测。他驳斥了那种把神经看做是一类固态物体如传递振动的弹性绳在起作用的观点，代之以这样的看法，即神经是通过一种特殊的精细的液体而起作用的，这种液体不像是一种含蛋清的溶液，不像醇类如乙醇，不像酸，不像可燃物，不像存在于空气中的物质如牛顿的以太，也不像电解质等。他对上述关于神经物质的说法很感满意，他断言——

> 神经物质是一种不同于其他它何物质的特殊成份，这种成份太精细了，以致于不能被任何一种感觉所捕捉。但是，由于它能容纳于管道中，能被结合力所束缚，而且很清楚它还是由食物所产生并由食物提供其营养的，那么它就应比火、以太、电或磁等物质要粗糙些。既然光可以是不同于火的某种东西，磁性这种物质又可以

> 和光、火都不相同，而空气和以太还可以和这几种都不同，那么为什么不能允许神经物质可以独特地另成一类呢？这类物质只有通过它的效应才能被我们所知道。[17]

因此神经必定是中空的。以此类推脑纤维也必定是中空的。仅存在着一种神经液体，它负责感觉、运动和生命的延续。哈勒否认那种认为灵魂扩散至整个机体的看法，他断言："除了感觉和运动以外，灵魂与机体毫无共同之处。"因为感觉和运动似乎都起源于神经髓，所以那里必定是灵魂的所在地。

人们对哈勒有各种各样的评价，从把他作为那个时代最伟大的生理学家来赞誉，一直到批评他的不精确性以及把他的生命观点看做基本上是反动的而加以批判。毫无疑问，他的主要贡献是在活体解剖的一个新领域中作出的，表现在生理学研究的精神和方法这两个方面。

拉美特利 Julien Offroy de La Mettrie 1709 - 1751

拉美特利的生活和工作与虔诚的哈勒形成鲜明的对照。尽管事实上拉美特利本人就是个牧师，但他却十分愿意让自己唯物的科学方法去反驳基督教教义或者与它发生冲突。拉美特利的父亲是一个富有的商人，尽管他的儿子希望自己能成为一个诗人，但他却要求儿子为了谋求牧师的职位而去学习。一个朋友劝告拉美特利说："一个平庸的医生将比一个优秀的牧师获得更多的报酬。"拉美特利就此对医学有了兴趣，并且像哈勒一样，在莱顿跟博雷利学习。当以后在法国军队里作外科医生时，他看到了"百分之一的光荣和百分之九十九的腹泻"。拉美特利因把博雷利的著作译成了法文，从而在巴黎引起了极端保守主义医学人员的对抗，这表明了拉美特利在挑起争议上的才能。巴黎人曾反对过维萨里和哈维，并正通过反对博雷利来坚持他们的反动态度。拉美特利

出版了一系列讽刺他那些有"学问"的敌手们的小册子，这更加深了他们的反感。当在病中忍受高烧的煎熬时，拉美特利认识到，他本人神志的清醒状况随着疾病的严重程度而变化着。这说明了人类的思维是脑的功能，并依赖于机体的健康状况。在他那引起争论的著作《心灵自然史》一书中，他表达了这方面的思想。

拉美特利认为，我们无法真正地知道灵魂到底是什么，也无法知道物质究竟是什么。既然我们从未发现过机体以外的灵魂，那么为了研究灵魂的性质我们就必须先研究机体。而且，为了要这样做，我们就必须探究物质的规律。灵魂的自然史就是物质的"能动原则"的进化过程；植物、动物直到人这类的物质都包括在内。这些唯物主义的观点很明显地与基督教教义不同，所以神学家们准备向异教徒拉美特利开战，他团队里的牧师也使他被开除出了军队。不仅如此，拉美特利还因他的《医生之策略》一书而遭到了医生们的反对。这本书嘲讽了他们的贪婪、竞争和阴谋。随着医业的破产和声望的毁灭，拉美特利不得不在荷兰寻找庇护所。在那里，他通过撰写另一些东西来攻击医生们而自得其乐。拉美特利觉得在莱顿要相对地安全些，于是1748年在这里出版了另一本离 307
经叛道的书——《人，这部机器》。他毫无笛卡儿的那种虔诚的虚饰，他把人就作为一部机器来加以讨论，这部机器完全是按照物理和化学规律活动的。在动物实验中，他曾观察到死亡动物的肠壁蠕动以及分离的肌肉能因刺激而收缩的现象。根据这些实验，他在著作中推论，如果对动物来说这些是事实，那么对人来说也必定会是事实，因为这两者的机体构成基本上是相同的。为了从笛卡儿的精神－机体两元论中尽力摆脱出来，拉美特利表明，甚至精神也必定直接依赖于物理化学过程，像鸦片、咖啡、酒精和其它一些药物等物质既能

影响机体又能影响精神，即影响思想、情绪、想像及意志等。而且，他争辩道，食物能影响性格，例如吃红而带血的肉类能形成凶残的性格。

拉美特利那异端的书尽管是匿名出版的，但作者是谁大家仍十分清楚。幸运的是，他能在普鲁士的弗雷德里克二世 Frederick Ⅱ of Prussia 的宫廷里找到庇护。在那里他继续进行医学实践、写作和在皇家宫廷中讲课。可惜这样一个和平时期只延续了很短的时间。拉美特利曾称死亡为一个闹剧的结局，并且以他自己奇特的死证实了这点。一个曾被拉美特利治愈了严重疾病而满怀感激之情的患者举行了一次宴会招待拉美特利。在宴会上，拉美特利吹嘘自己具有享受生活全部快乐的能力，他吃了大量的香菌糕。为此，他立刻感到不舒服，不久就在极度痛苦中死去了。到底是死于单纯的暴食、消化不良呢，还是死于菌中的某种毒素？这我们就不得而知了。不过伏尔泰 Voltaire 说，这是一个重大的场面，因为病人弄死医生这还是绝无仅有的一次。这个突然而不同寻常的死亡使得拉美特利更为声名狼藉。教庭强调，没有任何一个人能够没有他们的祝福而平静地死去，而拉美特利当然未曾获得这种祝福。这样，神学家们就认为，对于一个异端和对人的本质持唯物观点的著者来说，这样的死是一个恰当的报应。

在与笛卡儿二元论的对峙过程中，拉美特利为更现代的生物学理论铺平了道路。他否定了笛卡儿的那种人类在本质上不同于动物的观点。对拉美特利来说，人类基本上是猿猴类的变种，而其所以比猿猴高等，主要是因为有语言的能力。动物推理能力的发展程度虽然低于人类，但它们也并不仅仅是一种机器。这样，拉美特利就缩小了人类及动物在生理与精神力量这两方面的差距。

在拉美特利身上，有着一种相当尖刻的幽默，作为一场

恶作剧，他把自己写的一本书“献”给了虔诚的哈勒。他还开了另一个玩笑，通过化名发表对自己的题为《人，何止于机器》一书的讥讽式评论来增加对此书的抨击。在拉美特利的书中，通常是论战的成份多于科学的成份。他企图用一个伦理道德的“自然”系统来取代宗教的信条，而他这个系统是以对生活进行直接观察所得的原则为依据的。[18]

十八世纪的另一些科学家们更有兴趣于解释特殊的生理学问题，而不愿精心地去搞一些庞大的哲学系统。从他们所采用的实验方法来看，他们中的一些人确实是足智多谋而有独创性的。在那些用聪明才智和简单设备来着手解决的课题中，就有体温调节。

体温调节

在体温计研制出来后，人们就有可能通过实验来研究另一个生理学问题——体温调节了。古代就有人对体温做过定性的描述。例如，人在健康时温度比较恒定，而在病态时则易发生变化。同样明显的是，无论环境温度如何，某些动物活着时，摸上去总是温暖的，在死后则变冷。而另一些动物又相对冷一些，或它们的体温和活动随周围温度的变化而变化。后来桑克托留斯用他自己制作的那种体温计发现，除了生病发烧以外，人的体温一般是非常恒定的。不过究竟该在哪里测定体温这一问题则还是由福代斯 G. Fordyce 博士通过把体温计置于舌下进行测量才得到解决的。

布莱格登 C. Blagdem 1748－1820 和亨特 J. Hunter 1728－1793 进行了一系列有趣的实验，证明了环境温度在一个很大范围内变化时体温总是恒定的。这些科学家们把小房间内的温度保持在 110°－120°F，180°－190°F，或者甚至是在 260°F，而此时室外温度只有 32°F 左右。他们就在这些非常热的小屋里工作，他们注意着自己的反应，并测量自己的体温。同时

对那些非生命物质和一些食物，如蛋、肉、酒以及水等也进行测试，以作为对照。布莱格登从这些实验中推断出体温调节是生命的一个基本特征。[19]

三　生命研究的化学方法

赫尔蒙特 Jean Baptista van Helmont 1577 – 1644

赫尔蒙特是炼金术理论的生动阐述者霍恩海姆他更为人们所熟知的名字是巴拉赛尔苏斯的一个有才智的信徒。赫尔蒙特和他的老师一样，认为生命基本上是一个化学现象；而与巴拉赛尔苏斯不同的是，赫尔蒙特由于在气体和发酵方面的开拓性研究，使自己在化学史上占有了一个无可争议的地位。赫尔蒙特引入了“气体”这样一个术语，取代了巴氏学者的“浑沌”这样一个词语这个词语恰好描述了物质在加热而放出大量气体时，出现在炼金术实验室里的典型景象。对巴拉赛尔苏斯来
309 说，可以用“可见的物质和不可见的力”来说明自然界的活动方式。一种神圣的称为“生基”archeus 的力控制着物质和它的各种转换形式。在生命系统中，所有的生理学现象由内部的“生基”统治着，它的活动决定着机体的健康、疾病、生存和死亡。

很多科学家认为巴拉赛尔苏斯并不比江湖郎中好多少，并把他的那些观点看成是古代玄想谬论的残余。但是，赫尔蒙特却复活和革新了这些有关生命的化学解释。作为巴拉赛尔苏斯有才智的继承者，赫尔蒙特也继承了因拥护化学这一新学科而产生的对既有医学传统所郁积的不满。赫尔蒙特发觉自己进行的那些哲学研究完全是空洞的，一点也不能令人满意，因此他就拒绝了文学硕士学位，他把这种学位看做是经院哲学的标记，而不是学识的标志。在丢弃了哲学后，他先

是转而研究系统植物学，而后是法律，最后才是医学。二十二岁时，他取得了医学博士学位。其后，他花了十年时间在整个欧洲旅行——游览和考察了瑞士、意大利和英国等地。和一个富有的妇人结婚后，他在布鲁塞尔附近定居了下来。他把大量时间用于化学实验，同时开业行医他把后者作为一项慈善工作。尽管赫尔蒙特是一个非常虔诚的天主教徒，但他还是因在 1621 年出版了《催眠术治疗》这样一本书而与当局发生了冲突。教会把他对催眠术治疗的自然主义解释看做是对正统解释的挑战，因为依照正统解释，治愈疾病应是一件神奇的事情。于是，赫尔蒙特在生前就几乎没有再发表过什么东西，而只被允许囚禁在家里。在弥留之际，赫尔蒙特要他的儿子麦居里斯 F. Mercurius 1614－1699 出版自己的手稿。《医学概论》（献给大神耶和华）一书最早是在 1648 年出版的，不过，在译成英文、法文和荷兰文以前，这本书几乎没有受到什么注意笛卡儿的著作《论人》也差不多是在这个时候首次出版的。

赫尔蒙特力图把生命的化学观与活力论哲学调和起来。然而，他的化学研究却具有精确、定量的性质。在他的这些研究中已经暗含了物质不灭的观点。例如，他证明金属能在酸中溶解，等以后复原时，它们的重量却没有减少；液态水受热后能转变成“气体”或蒸气，同样，这种蒸气也能再次转变成液态水。这些现象引起了赫尔蒙特的好奇心，因此他设计了一个实验，想来证明水是所有物质的源泉。他在一个大陶瓷容器中放入 200 磅的干土，种上一颗五磅重的柳树。五年中他只用纯净的雨水浇灌它，而后他发现这棵树竟重达 169 磅 3 盎司，而土的重量实际上却没有改变。对此，赫尔蒙特感到很满足，他以为自己的实验证明了水是最基本的要素。这个实验当然证明了“某种东西”，这就是：只要作为出发点的理论有错误，那么即使运用定量的实验方法，也不可能

揭示出自然界的任何奥秘。

为了进一步证实自己的信念，即植物来自于水，而植物的焚烧可以形成泥土，赫尔蒙特又做了一个实验。在这个实验中，他烧掉了 62 磅炭，结果只残留下 1 磅灰粉。他推测其 310
余的物质以一种他称之为“木气”gas sylvestre 的“精神”的形
310 式发散到空气中去了。同样，燃烧有机物、啤酒或酒类的发酵、用酸处理贝壳和石灰石以及从某些矿泉水中，也都能释放出相同的气体。这样，他似乎已经认识到存在着不同的气体，但却缺乏收集这些气体和确定它们性质以做进一步研究所需的特殊设备。他的“气体”这一术语很接近于现代的概念。更重要的是，对气体的这些研究导致他否定巴拉赛尔苏斯的三要素硫、水银和盐概念；相反，他认为仅存在两个要素——空气自然界的大气和水。水，在他的系统中意味着除空气以外的一切东西。

赫尔蒙特与巴拉赛尔苏斯一样，相信所有的生理现象都可被解释为化学活动。体内的化学过程由存在于各个器官中的一系列不同等级的“生基”archaei 所控制着。隶属于“生基”的是一个他称之为“动因”blas 的实体。对应于人类所有特殊的功能，存在着一种特别的“人类的动因”blas humanum；而对应于普通的生理过程，则存在着其它种类的“动因”。

赫尔蒙特的生理系统是以酵素和它们的活动为基础的，这就给古代的一个纯属猜测的概念赋予了现代的意义。这个古老的概念认为，酒发酵这件事多少与动物体内的生命现象有关。赫尔蒙特认为，机体内的变化——包括消化、营养、运动和妊娠等，正是各种酵素的功用。动因或生基是通过酵素而不是直接地作用于物质的。他以一个图解的形式把消化解释为六个转化过程——六个消化或混合过程，通过它们，食物转变为生物体的一部分。由于不知道唾液的作用，他假定

消化的第一步发生在胃里，这一过程是由酵素来完成的，它在需要时就能从脾脏中释放出来。胃内的酵素其作用比普通的酸类如醋等强得多。然后，胃中所形成的酸糜进入十二指肠，并且获得盐的性质。在这里，有一种非常复杂的酵素起着作用，这就是第二个消化过程。他认为，胆汁中含有另一种酵素，而胃的酸性酵素在进入十二指肠时就停止作用了。第三步消化是由肝脏引起的，该过程是以转化乳糜为粗血作为前提的。在由营养物形成的乳糜被吸收后，食物残渣进入盲肠，此处由另一种酵素将它们转化为粪便。

消化的第四个过程发生在心脏和动脉中。腔静脉内较稠厚的、颜色较深的血液由此变得比原先的要稀薄和颜色较淡。这个变化过程事实上与静脉血变为动脉血的过程是一致的。但是，赫尔蒙特却没能把这一变化与发生在动脉血管中的将血液转变成生命灵气的第五个消化过程清楚地区分开来。赫尔蒙特对心脏有着自己独特的看法，他认为，心膈上有 311
一些小孔，“生命的灵气”能够通过这些小孔从左侧跑到右侧，而血液却不是这样通过这些小孔的。他还是相信血液是从心脏的右侧通过小孔进入左侧的。最后一个消化过程，他写道：“发生在一些器官的‘厨房’里，因为有多少个营养器官就有多少个‘胃’。在这第六步消化中……遍布在各个器官中的固有酵素为了本器官的生存而烹调它的食物。”[20] 那意思就是，所有的组织都从血液中吸收它们所需的东西，并把营养物质转变成新生组织的成份。

赫尔蒙特的理论虽然含混不清并且还充斥着过时的玄想，但他认为能用化学实验来解决生理学问题的看法却很有价值。此外，他对发酵与生理学过程这两者所作的类比是卓有成效的，从而使后来的具备着更为精确的化学知识的工作者们能够成功地利用这一类比。

西尔维斯 Franciscus Sylvius 1614 – 1672

西尔维斯——一位杰出的医学化学家和教师，是赫尔蒙特的有才华的继承者。虽然他教授医学并从事开业诊疗，但他的很多工作却是纯化学的而不是医学的。为了进行这样的研究，他在莱顿大学建立了“实验厅”，看来这似乎是第一个这类的实验室。在这里，他把化学和实验方法用于生理学，成了这一生机勃勃的课程计划的创始人。他在荷兰帮助建立起哈维新概念的权威，使解剖学取得了其它的进展，并使机械原理得以应用于生理学。西尔维斯总是提醒学生们还有很多问题有待于解决，并提出问题供他们研究。他经常就是这样激励着学生。据斯坦诺的回忆，他本人就一直为西尔维斯的教导所鼓舞。

西尔维斯完全被酸、碱、盐的性质迷住了。他认识到，通过各种酸与碱的结合能够形成很多盐类，并可以在植物中找到一些挥发性碱类。对酸、碱类所进行的化学实验导致了一种理论的形成，这种理论认为应该把疾病解释为是因“腐蚀性”物质——酸或碱过多而引起的，因此人们可以设计出相应的治疗方法。西尔维斯对赫尔蒙特有关体内发酵的概念很有兴趣，但他否定了玄想的“生基”。他认为消化过程是一种由唾液引起的发酵。在胆汁和胰液这种胰液由格拉夫在1664年和西尔维斯一起工作期间发现的影响下，这一过程持续进行着。

西尔维斯在自己的著作中提出了一个非常重要而大胆的见解，即：生命体的化学过程和非生命体的化学过程是一回事。这样，从理论上来说，凡假定为生命体所特有的化学活动应该有可能在实验室中得到再现。西尔维斯力图排除巴拉赛尔苏斯和赫尔蒙特在医学化学中的灵气论和神秘主义的倾向，这是为了使生理学的化学研究方法能受到更多的尊重。像博雷利一样，西尔维斯也是一个著名而爱争辩的思想

学派的创建者。博雷利力图用数学和力学来解释生理现象，而西尔维斯却把自己的解释建立在化学这一新的学科之上。从巴拉赛尔苏斯的时代以来，这个学科已经有了很大的进展，但还不如其它自然学科那样具有力量和精确性。博雷利和西尔维斯都对自己的方法和理论充满着信心，并且都以为自己掌握着解释生理现象的唯一的钥匙。

消化

医学机械论者们力图以纯粹的机械术语来解释消化过程，但用化学原理来解释这一过程却有着明显的优越性。在十七世纪好几位科学家就已研究过消化过程，其中包括研究胰液的格拉夫 R. de Graaf 1641－1673 和从自己豢养的鹰那儿取得胃液标本的雷奥米尔 R. A. F. Reaumur 1683－1757。到了十八世纪，斯巴兰让尼前面已讨论过他的关于生物发生的实验发展了这些有关消化机制的非常初步的研究。

斯巴兰让尼为了能在帕维亚向他的学生们解释唾液对食物作用的机制，因而他就从测定这一作用来开始进行对消化过程的研究。他进一步证实了雷奥米尔关于胃液消化力的研究，并证明了胃液能防止腐败。由于在人身上几乎没有作过什么实验，而且经仔细检查后，斯巴兰让尼觉得那些建立在来自其它动物资料上的争论只能作为一种可能的推测而不能作为结论，因此他勇敢地把一些装有不同食物的小管和小袋吞下去，而不顾随之而引起的难受和想呕吐的感觉，也不顾明知自己所吞食的东西必然会引起的消化道梗阻。

另一个与斯巴兰让尼毫无联系的工作者史蒂文斯 E. Stevens 在 1777 年独立地发表了一篇论文，其中包括一部分最早的对人体胃液分离及其特性之体外研究的描述。这篇论文的一部分曾被译成英文附在斯巴兰让尼《动物自然史研究报告集》的英文译本中。人们除了知道史蒂文斯发表上述

论文并为这篇文章进行辩护的日期外，对于他的其它情况就几乎一无所知。史蒂文斯在他的研究过程中曾幸运地找到了一个人来作为试验者，他在爱丁堡做的那些实验就是在这个人身上进行的。这个人叫"胡塞"Hussar，是一个智力低下的人。他以吞食石子取乐于市民们来维持自己悲惨的生活"。[21] 在经历了二十年的吞石生活之后，这个"吞石一反刍者"看来已经能乐意接受吞入史蒂文斯为其准备的那些中空小银球了。这些精巧的银球分作两个腔室，球的表面戳了一些针尖
313 大小的孔，在小银球内放入各种不同的食物。这样，就能比较消化液对各种不同食物所起的不同作用。不过对人类消化过程的认识直到 1833 年才得到真正的提高，这是由于那时博蒙特 W. Beaumont 1785 - 1853 发表了用马丁 A. St. Martin 的胃瘘来进行消化过程研究中所得的结果。

燃素理论

差不多就在波义尔 R. Boyle 1627 - 1691——一个怀疑论的化学家着手对化学进行极为必要的改革的同时，另一个德国科学家则正在建立一种奇怪的理论，这就是燃素学说，它来源于比彻 J. J. Becher 的炼金术理论。[22] 这个学说对化学进程的影响一直延续到了十八世纪末。

比彻 Johann Joachim Becher 1635 - 1681

比彻的父亲是新教的一位教长，败落于"三十年战争"。尽管比彻缺乏正规教育，但他还是为自己编写了时而走向学术和经济上的成功，时而又落得放逐与声名狼藉的历史。他好像是通过和一个枢密顾问官的女儿结婚而弄到了医学博士学位的。他的化学知识虽然是自学得来的，但他还是在 1666 年被任命为美因兹大学的医学教授。以后，他又成了巴伐利亚选帝侯 the Elector of Bavaria 的私人医生。比彻对经济学就像对化学一样有兴趣，因此他还接受了维也纳商业学院

的职位。1678 年，由于他在维也纳与别人发生各种争论，迫使他避难到荷兰。1680 年，他再一次被迫改变了自己的住处，跑到了英国。比彻这一次的迁居，是因他在荷兰的时候曾说服阿莱城的居民们购买他的将白银变成黄金的秘密操作法，并担保只要用数百磅的白银，他就能把成吨的砂石转变成金山，而表演的失败使他不得不跑到英国去避难。

按比彻看来，物体是由空气、水和三种“土”——“脂质”、“水银”和“石”所组成。这三种“土”与巴拉赛尔苏斯的硫、水银和盐这三要素相对应。比彻认为在燃烧期间“脂质”以火的形式被释放出来。虽然他的这种燃烧理论是粗糙的和伪科学的，但也有它的长处，这就是它能把实际物质的化学研究从炼金术的“要素”和“潜质”的概念中分离出来。尽管巴拉赛尔苏斯并没有明确地说他那具燃烧能力的要素——“硫”就等于实际的硫，但还是不可避免地产生了混淆。比彻论证道，很多不含硫的物质也能燃烧，因此在燃烧过程中根本不需有硫参与。燃烧被定义为：机体的分解和挥发性成分的丢失。

把“脂质”转化成燃素的是斯塔尔。

斯塔尔 Georg Ernst Stahl 1660 - 1734

在斯塔尔的手中，燃素学说变成了一个把很多令人迷惑的化学现象结合在一起的框架，并且指导了化学研究达一个世纪之久。然而遗憾的是，斯塔尔理论的普及却掩盖了波义尔和其他一些皇家学会成员们在他们对燃烧和呼吸的开拓 314
性研究中所形成的一些真正有价值的看法。

斯塔尔和比彻一样，也是一个新教教长的儿子。不过，他所受的教育却是传统的和比较正规的。他在耶拿 Jena 学习医学，并且自 1683 年到 1693 年一直在那里从事教学。1693 年，海利 Halle 大学建立了，霍夫曼 Hoffmann 1660 - 1742 一位著名的医生和那个时代著名医学“系统”之一的创建者请斯塔

尔担任这所新建大学的教授。霍夫曼讲授化学、物理学、解剖学、外科学和医学实践等课程，斯塔尔则讲授植物学、生理学、营养学、病理学和药物学等，但他在这些课程中也引入了化学的内容。可是不久，斯塔尔和霍夫曼却成了剧烈竞争的对手，他们在活力论者和机械论者之间出来已久的论争中互相中伤和谩骂。霍夫曼把机体看成是由一种假设中的液体所操纵着的水力机器，这种液体称为"神经以太"，它在神经系统中循环流动着。

1703 年，斯塔尔发表了比彻著述的《地下物理学》一书，并在这本书中附上了自己对于燃烧机制的解释。他谈到了一种参加燃烧的强有力的因子——"火一般的、燃烧着的、激烈的、炽热的"因子，这就是"燃素"。他把燃素定义为："一种物质要素，是火的要素与燃烧物所组成的整个复合物的一个组成部分，而不是火本身。"[23] 燃素学说是很容易受到人们奚落的，因为只要把它的实质揭示出来，就会得到这样一个毫无价值的核心：一些东西之所以燃烧是因为它们本身是可燃的。尽管如此，人们对斯塔尔的一些评价仍是比较和善的，还把他称作"第一个基于实验观察的结构去系统阐述一个合理的化学系统的人。"[24]

斯塔尔在《化学基础》1723 中给化学下的定义似乎与现代的定义很接近，并且它明确地表明了与炼金术的那些目标的决裂——

> 普通化学是一门把混合的、复合的、聚集的物体分解成它们的组成要素或用这类要素组成此种物体的艺术。
>
> 所有那些既能分解又能合成的混合的、复合的、聚集的物体都是化学的研究材料，"分解"与"合成"，或者"毁灭"与"产生"是它的目的。[25]

植物界、动物界和无机界都存在着火的要素，而在前两者中更为丰富——它们在燃烧后几乎不留下什么残迹。根据燃素理论的观点来看，东西在燃烧时将失去燃素。燃素理论刺激了对燃烧、氧化、呼吸和光合作用的研究。虽然这个理论所具有的一些缺陷和它的某些预言的荒谬性不久就明显到了令人难堪的程度，但是在其后的一百年内，该理论还是没有被人抛弃。

一个很明显地与这个理论相矛盾的地方是：当金属燃烧时，它们的重量却在增加。因此，为了拯救这个理论，人们提出了许多巧妙地使之合理化的观点。既然燃素不能捕捉和分析，那么就没有任何理由一定要推测它是一种具有重量的普通物质。与热、光、磁、电或以太一样，它也可能是一种"精细的液体"。某些化学家这样争辩道：燃素与其它元素不同，它不像其它元素那样被吸向地球，而是倾向于腾起，这就是金属在成为氧化物后其重量增加和这些氧化物在还原时重量减轻的原因。

斯塔尔的生理学理论在很多方面退回到巴拉赛尔苏斯的神秘主义上去了，并且相对西尔维斯的医学化学来说，是一种倒退。西尔维斯曾力图证明发生在生命机体内的活动确实是普通的化学活动。但是，对斯塔尔来说，生命机体内所有的化学变化无论看上去是多么像普通化学活动，但两者在性质上却有着根本的区别。在生命机体内，所有的化学变化被"感觉灵魂" *Anima sensitiva* 所控制着。这个"感觉灵魂"渗入机体的各个部分，并控制着它们的机能。斯塔尔否定了笛卡儿的二元论和将机体作为一部机器的描述，他认为，生命机体内所有的生理现象服从于一些法则，这些法则与那些控制着非生命界的法则是截然不同的。这就是说，一切有生命的东西无论它们多么简单所服从的一系列法则不同于非生命的

东西无论它们多么复杂所服从的法则。斯塔尔用生命世界和非生命世界的二元论来否定和替代笛卡儿的机体和思维的二元论。

总的看来，斯塔尔的系统不仅是倒退的，而且使得生理学更加落后于那个时代的各门自然学科。燃素化学家们完全地接受了炼金术的概念，认为物体的组成包括物质以及某些能以适当的技术从物质实体中分离出来的无形的要素、本原或精神等成份

四　空气化学

燃素理论获得了十八世纪某些最著名的化学家——布莱克 J. Black、卡文迪什 H. Cavendish 和普利斯特列 J. Priestley 对它的忠诚。这些人有才智，精于实验，并在很多方面富于革新精神。他们清楚地知道燃素理论所存在的困难，却没有人感到必须去否定它。

虽然在很久以前人们就揣测过在呼吸和燃烧这两个过程之间的联系，但是，直到十八世纪末化学加入了现代科学的行列时，这个问题才依据化学反应得到了解决。解决呼吸过程的生理学问题，需要融会贯通血液循环、呼吸运动、肺的显微解剖以及气体化学等方面的知识。十八世纪末，对各种气体的分离和定性导致了一场化学革命。由黑尔斯发明的空气槽使得这个时期的许多化学发现空前地爆发了出来。

316

黑尔斯 Stephen Hales 1677 - 1761

空气槽的发明者黑尔斯既不是医生也不是职业科学家，而是一个教区牧师——特丁顿 Teddington 的终身副教区长。在布道之余，他忙于一系列关于脉管系统的水力学、气体化学、动植物呼吸以及测量血压等方面的实验。他对环境卫

生和通风的重要性问题也很有兴趣。黑尔斯除了在皇家学会宣读了很多论文之外，他还发表了《植物静力学》1727 和《血液静力学的统计试验》1733 两文。

黑尔斯把反应容器与收集容器分开，并且收集逸出水面的气体产物。通过这样的方法，他实现了对气体的分离和贮存。虽然他能够分离出几种不同气体，像二氧化碳来自于矿泉水、氧来自于硝石等，但他却没能充分认识到各类气体在性质上的不同。黑尔斯假定，他正在处理的那些气体，无论它们的来源如何，只不过是在实验中发生了一点变化的普通空气而已。他把所有的气体都称为“空气”，而且把空气看做是“化学要素中漂浮不定的变形海神”。[26]

黑尔斯对动植物的研究应用了更为严格的定性方法。他在重复赫尔蒙特的植物生长实验中，并不满足于那种只有水进入了植物材料中的推测，而是实际地测量了根所吸收的水量与叶子所释出的水量。由此他得出结论：除水之外，还由空气把某些东西加进到植物的生长过程中。他推断，空气中必定含有某种“生命的神秘食物”。

布莱克 Joseph Black 1728 - 1799

在研究了语言和自然哲学后，布莱克对科学和医学有了兴趣。1754 年，他因写了《论食物生成的酸性体液和白色碳酸镁》一文而获得了医学博士学位。在当时，医学工作者们对于在人体膀胱内生成结石和进入尿内的尿砂感到兴趣，为此，曾围绕利用腐蚀剂溶解结石的方法而爆发过一场激烈争论。沃波尔 Walpole 首相和他的兄弟曾被斯蒂芬斯 J. Stephens 夫人神秘的药物治疗过，他们对治疗的结果很满意。因此，为斯蒂芬斯夫人的这张处方而付给了她五千镑（这张处方发表在 1739 年 6 月 19 日的伦敦公报上）。布莱克正是在检测斯蒂芬斯夫人所用的药粉和药片——经焙烧的蜗

牛的主要成份时，发现了“固定的气体”。

按照燃素理论的说法，石灰石和白垩是通过吸收燃素而成为具有腐蚀性的活性石灰的；当活性石灰熟化时就放出了燃素。布莱克发现，白垩在熔烧时放出一种气体，他把这种气体称作“固定的气体”。让这种“固定的气体”通过清澈的石灰水溶液，就产生了从水中沉淀出来的“温和石灰”，这就提供了一个证明“固定的气体”存在的简单实验。他还证明了“固定的气体”同样存在于呼出的气体中，在燃烧木炭和发酵时，它们也会被释放出来，而且“固定的气体”二氧化碳可使动物致死，还可扑灭火焰。最初，布莱克认为大气中那部分不适于呼吸的气体肯定就是他的“固定的气体”。但卢瑟福 D. Rutherford 博士证明，在大气中还存在着另一种有害的气体，这种气体后来被确定为氮气。

赫尔蒙特在布莱克之前也发现过“固定的气体”，但他称之为“木气”。不过布莱克还是能肯定地认为自己的工作远远超过了赫尔蒙特，因为他进行的是定量的、严格的实验工作，而不是猜测。正是他的工作促使了其他的英国化学家去研究气体的化学性质。

卡文迪什 Henry Cavendish 1731－1810

卡文迪什是一个富有的、性情乖张和深居简出的学者。他对电学、地质物理学和气体的组成进行过一些重要的研究。虽然他在剑桥学习过，但他并未接受学位，因为他反对在大学里对学位申请者们进行严格的宗教考试。在巴黎，他学习了物理学和数学，其后就定居于伦敦。一笔巨大的遗产使他能在实验中使用最精密的仪器设备和最有效的试剂，并且使他把自己的一生贡献给科学实验。然而，在其它方面他却对钱财不感兴趣。在他逝世后，留下了大约一百万镑的财产和许多尚未发表的名著。人们把卡文迪什描述为“最富有的

学者和最有学问的富翁”。

1766年，卡文迪什在皇家学会的“自然哲学学报”上发表了“三篇关于人造空气实验的论文”。人造空气被定义为“任何一种包含在非弹性状态的其它物体中，并由人工制成的空气”。他通过把锌、铁或锡溶解在硫酸中而制成了一种新的“人造空气”，他称这种气体为“易燃空气”。在一段时期内，他认为这种气体——现称为氢气——肯定就是燃素本身。他 318
精心地测定了它的比重后，清楚地显示了这种“易燃空气”与其它气体的差异。卡文迪什通过氢气和氧气的混合爆炸反应，证明水不是一种元素而是氢和氧的化合物。1873年，对大气气体进行的研究结果证明，在不同的时间和不同的地方，大气具有恒定的组成。[27]

舍勒 Carl Wilhelm Scheele 1742 - 1786

舍勒差不多和普利斯特列同时发现了氧。但由于他们两人都是忠实的燃素论者，因而未能充分地重视这种新气体的性质。舍勒进行了一系列实验，证明了空气由“浊气”和“火气”这两种成份组成，并确定了它们之间的比例体积：体积是一份“火气”比三份“浊气”。他认为“火气”的功能是吸收正在燃烧的物质所释放的燃素。当空气饱含燃素时，就不再能起助燃作用了。

舍勒写道：“燃素是一种实在的元素，是一种非常单纯的要素。由于燃素除非和另一存在体直接相接触外，它不会和任何原先相结合的物质分开，因而要单独获得燃素是不可能的。”舍勒和普利斯特列都知道，“火气”在燃烧中被耗尽，而余下的空气则比原先的混合空气重量轻些、体积小些。为此，他们作了一个假设，即：空气和燃素的结合产生了一种化合物，这种化合物非常精巧，以致于它可以通过玻璃上的微孔而发散到大气中去。[28] 从而得以巧妙地解释了这种现象。

普利斯特列 Joseph Priestley 1733 - 1804

虽然普利斯特列主要是作为一位实验化学家为人们所知晓，但实际上他同时还是一个教长、神学家、作家和教育家。[29] 在生前，他作为一个激进的神学家和政治思想家要比他的科学家身份更为出名。在他所著的约一百五十种书中，关于宗教和教育的占了大多数。普利斯特列对各种气体所作的实验是在利兹 Leeds 一个与他家毗邻的官方啤酒厂中开始的。很显然，正在桶中酿造的啤酒冒出的气泡就是布莱克所谓的"固定的气体"。普利斯特列发现，尽管这种气体不溶于水，但用它却可制成一种非常好的冒泡的饮料。他把这种饮料比作最好的矿泉水。普利斯特列还发明了苏打水，医学院曾将这种苏打水推荐给海军部长，作为一种医治海员坏血病的药剂。

1791 年 7 月，在对不同政见者和激进派的一系列攻击中，普利斯特列的房子被一群暴徒烧了。骚乱中，普利斯特列仅仅保住了自己的性命，他的住宅、图书室、实验室、仪器设备以及许多手稿都遭到了焚毁。事后，普利斯特列被迫决定移居美国，并最终定居在宾夕法尼亚州的北恩柏兰德
319 Northumberland Pennsylvania。直到现在他的房子还在那里。他的实验室作为美国化学协会二百周年纪念的一个项目业已部分修复。

普利斯特列是一个热情的、有独立见解的实验者，他对各种事物都很好奇，但他的研究却无系统性。他常说，如果他过去曾经学过任何化学知识的话，他也许反而什么也发现不了。照他看来，偶然性的作用显得很重要，因为他曾说过："在这类事情中，更多的是由于我们称之为机会的那种东西……而不是任何固定的计划或预先构想出的理论。"[30] 尽管普利斯特列的研究明显地缺乏计划性和系统性，但他却是一个细

心的观察者。在他所发现的气体中，有氨、二氧化硫、一氧化碳、氯化氢、一氧化氮和硫化氢等。在谈到普利斯特列时，戴维斯 H. Davis 说："没有任何一个人曾经能独自地发现如此多的新奇物质。"

制备比最普通的空气还要纯净的"空气"，在当时看来是不可能的，但是，这件事却在 1774 年发生了。那时普利斯特列用一组直径为十二英寸、焦距为二十英寸的燃烧透镜从氧化汞中提出了一种新的"空气"，这种新的气体能使蜡烛燃烧得更为猛烈发出更大的火焰。普利斯特列在老鼠、植物及自己身上测试了这种新气体的效应。在新气体中老鼠存活的时间比在给定量相同的普通空气中要长久；而普利斯特列自己在这种新气体中呼吸时则感到"特别地轻松和畅快"。他预言这种气体在医学中将会是有用的。但他还说，这种气体可能也具有危险性，因为"由于蜡烛在这种气体中燃尽要比在普通空气中快得多，所以我们的生命可能也会耗尽得太快。……大自然已经提供给我们的空气是我们应得的最好的空气。"

对各种气体的研究，促使普利斯特列去探索呼吸、动物和植物之间关系的问题。他对被呼吸作用破坏的气体重新复原到有用状态的过程变得很有兴趣。经过多次失败后，他发现因为动物的呼吸或蜡烛的燃烧而变得"有害"的空气，能被植物重新复原。最初这使他很惊讶，因为他曾预期既然空气对生命是必需的，那么动物和植物对空气的影响就会相同。

不幸的是，普利斯特列依据燃素理论来看待他自己的一切发现。他从未接受过拉瓦锡的氧化理论，而是始终坚持用他所独创的名字——"去燃素空气"来称呼他的新气体。普利斯特列认为，空气被来自燃烧、呼吸和其它化学过程的燃素所饱和，它们使得空气"不再适合于燃烧、呼吸和其它一些可

借助于空气的用途了”。相反，植物却能吸收燃素，净化空气。血液颜色的改变也是依据燃素理论来解释的。满载燃素的暗色的静脉血通过呼出的气体将燃素释放出去，因而去掉燃素的鲜红色的动脉血就能吸收机体组织中的燃素。这些变化在体外也能被重复。把血液暴露在去燃素的空气中，它就
320 变得像动脉血一样明亮了。由于普利斯特列仅仅根据燃素的周转来想像呼吸过程，所以他就不能正确认识布莱克在观察“固定的气体”被呼出过程中所得结果的意义。

普利斯特列承认，“燃素理论不是没有困难的，最主要的困难就是我们无法确定燃素的重量”。但是，他并不认为这是否定这一理论的理由，因为“尽管我们毫不怀疑地将光和热素完全看做是物质，它们能够通过自身的增殖或分离而使物体的性质发生巨大的改变，并且还能从一种物质中传递到另一种物质中去，但是却没有任何人能妄称自己已经测出了光和热素的重量”。

拉瓦锡 Antoine – Laurent Lavoisier 1743 – 1794

在生活方式上以及在科学研究的方法上，普利斯特列和拉瓦锡之间存在着无可比拟的强烈对照。就普利斯特列来说，他工作没有计划，只按照他那永不满足的好奇心行事，因此缺乏系统性。拉瓦锡则不同，还在科学生涯的初期，他就详细地制定了一个要彻底革新化学的方案，他就是作为这样一种类型的自然科学家去研究化学的。另一方面，在政治上普利斯特列是一个激进派的领导者，最后被迫到新世界[①]中去寻找避难所，而拉瓦锡虽是一个改良派和人道主义者，却因与法兰西旧政体的密切关系而丢掉了自己的性命。

拉瓦锡是一个富裕的律师的儿子。在准备继承父业的过

① 指美洲。

程中，他对自然科学发生了兴趣。他一生所写的许多论文中的第一篇是在二十一岁那年递交皇家科学院的。四年后，他被选为科学院的成员，并决心将自己的一生贡献给科学研究。为了以某种不会干扰自己进行实验的方式来维持生活，他就在一个代征国家税收的私营税务所中当助理税务官。1771 年，他和十四岁的保尔兹 M. A. P. Paulze 结婚，这样，他就完成了他的经过挑选的生活方式所需要的全部准备。保尔兹是一个极为理想的妻子，她为拉瓦锡的著书作图解和说明；在实验室里当他的助手，帮他整理记录，为他把英国化学家们的著作译成法文，并款待他的那些知名的来访者。

1789 年，拉瓦锡满意地看到自己已经成功地在化学方面引起了一场革命。他的《化学基本教程》一书在这年出版了，这是第一本真正的现代化学教科书。它被译成英文、德文、荷兰文、意大利文和西班牙文等多种文字。它在理论上和技术上对化学发展的方向有着重要的影响，它是当时最为畅销的一本书。

拉瓦锡在科学上尽管是精明的，但看来他似乎没有能意识到他周围各处正在爆发的社会革命和政治革命的危险性。作为一个税务征收者和马拉 J. P. Marat 的反对者，拉瓦锡处在很大的危险之中。他和其他为人们所憎恨的税务官一样，被逮捕、审讯和送上了断头台。数学家拉格朗日 J. L. Lagrange 在拉瓦锡被处决后的第二天说："砍下那个脑袋仅仅只要一会儿工夫，但要再产生一个像那样的脑袋来，也许将需要一百年。"可是，革命法院的首脑科芬霍尔 Coffinhal 却说："共和国不需要学者。"作为历史的一种嘲弄是：就在拉瓦锡因在反革命阵营中所扮演的角色而被处决的同一天，作为一个著名激进者的普利斯特列却正在一艘驶往美国的船上。拉瓦锡夫人后来嫁给了另一个化学家——一个

被封为朗福德伯爵的亲英的美国人汤普森 B. Thompson 1753－1814。但是，他们的结合却是充满风暴和短命的。

拉瓦锡的化学工作并不是以独创性而著称，而是以它的严谨、精确和计划性而显得别具一格，李比希在赞扬拉瓦锡时说："他没有发现过任何新的物体、新的性质和未知的自然现象，他的不朽的光荣在于：他给科学的机体注入了新的精神。"1772 年 11 月 1 日，拉瓦锡在科学院书记官那里存放了一封密封的信，信中他对有关燃烧的一些初步实验以及对自己的一些推测性结论的总结作了探讨。这封信将使他获得向

图 11－2　拉瓦锡与夫人和其他助手们正在研究人类的呼吸
派克·戴维斯公司　1959

以后发表的同类著作如果--切都像他所预期的那样发展下去的话提出优先的权力。1772 年，他在自己的笔记本中写道：他所计划进行的工作“看来定会在物理学和化学上引起一场革命”。“为了把人们对空气参加化合的或者是从物质中释放出来的认识与已知的其它知识结合起来，以形成一种理论，我们应当采取新的有效措施来”重复先前的工作，这样就可完成革命。他的这一计划直到 1772 年才有可能被执行。那时，拉瓦锡遇到了普利斯特列，并知道了他的“去燃素空气”。拉瓦锡看出了这种新气体所蕴涵着的意义，他重复了普利斯特列的实验，并制备出这种他命名为“氧”的气体。因此，我们可以说拉瓦锡就是氧气的真正发现者。[31]

到 1777 年，拉瓦锡已经有了严格的证据表明那种“极为适宜于呼吸”的气体，既可通过燃烧也可通过呼吸转化成“固定的气体”，并且它即将把燃素的幽灵从化学理论的主体中驱逐出去。1783 年，拉瓦锡一家举行了一个仪式，这使人们联想起巴拉赛尔苏斯对待古代权威们著作的方式。在仪式中，拉瓦锡夫人身着长袍，扮成一个女祭司。她焚烧了斯塔尔和其他燃素理论家们的著作，并为燃素唱送葬的圣歌，作安灵弥撒以此纪念比彻逝世一百周年。拉瓦锡写道：“是为化学带来更为严格的推理方法和剥去那些仅仅是推测的东西的时候了。”拉瓦锡指出了化学在将来所必须遵循的道路，但他并不指望那些年老的科学家们会接受他的观点，因为那些人的脑子“在认识事物方面已经老化了”，以致于他们“只能艰难地应付新观点”。不过他自觉欣慰的是他相信所有的年轻化学家们会理解和追随他的观点的。“所有的年轻人是会接受新学说的，从这一点出发我断言：化学的革命已经完成。”

还是在 1777 年的时候，拉瓦锡就发表了一篇论述呼吸的文章，该文题为《关于动物呼吸的实验和关于空气通过肺

部时所经历的变化》。由于明确地了解了在呼吸过程中所涉及的各种气体的性质，所以拉瓦锡把呼吸过程明白无误地解释为缓慢的燃烧或氧化。他清楚地认识到，在呼吸中要吸用氧气、放出二氧化碳，这是普利斯特列所没能做到的。为了研究各种生理现象的物理化学基础，拉瓦锡和拉普拉斯 P. S. Laplace 1749 - 1827 合作设计了一个能定量测定动物产热的实验系统。他们使用了冰 - 量热器，这样，呼吸和燃烧就能在定量的条件下实实在在地进行比较，而不是用比喻的说法了。在《关于热的研究报告》一文中，拉瓦锡断言，人们可以认为“由呼吸作用将纯净空气转化成固定的空气过程中所释放的热，是动物维持热量的主要原因”。[32]

不幸的是，就在拉瓦锡试着把新的化学应用到生理现象研究中去时，法国革命截断了他的研究。

323

五　十九世纪的生理学

十九世纪前半叶，是一个充满了创造性研究和发现的时代，人们经常将这个时代的科学创造力与文艺复兴时期相比较。有了新的已成熟的化学以及具有坚实基础的物理学，生理学便也能够发展成为一门真实的科学。科学家们抛弃了“功效”、“官能”、“灵气”、“活力”等模糊不清的概念，探索出了生命现象的物理化学解释。

伯奇利厄斯 Jöns Jacob Berzelius 1779 - 1848

在以一篇有关电流疗法疗效按伯奇利厄斯看来是微不足道的论文来结束自己在医学方面的学习后，伯奇利厄斯发觉自己不愿去开业行医，而宁愿去研究化学。在那个世纪初，与他同时代的道尔顿就已经提出了一个新的原子理论。这个理论依据的是原子的重量和大小，而不是古代的哲学框框。伯奇

利厄斯认识到拉瓦锡和道尔顿的价值，因此，他进行了冗长乏味的分析工作，把道尔顿的理论和那些笨拙的符号转化成了一个可实用的系统在一场有关采用伯奇利厄斯的那些“可怕符号”的争论发生之后，道尔顿蒙受了打击，这是一系列打击中的第一次。伯奇利厄斯发现了许多新元素，并为当时所知的五十种元素制作了一张元素表，确定了它们中大多数的原子量。他还创办了一个化学杂志，发展了一些新的分析方法，而且与那时重要的化学家都保持着通信联系。在他的一生中训练了不少化学家以致于差不多十九世纪所有重要的化学家都是他的学生或他的学生的学生。

既然伯奇利厄斯对自然科学的研究是从受医学训练时开始的，那么他对包括诸如胆汁、血液和粪便等有机物感到兴趣就没什么可惊讶的了。1812 年他开始分析这些复杂物质，发现化学中的化合原理甚至也可适用于这些复杂物质。在他所取得的研究成果中，包括发现丙酮酸和发展同分异构以及催化作用等概念。伯奇利厄斯是一个多产的、文笔流畅的著作家，他像开闸的急流一样向世间倾注他的文章和著作。这些著述帮助统一和指导了几乎整整一个世纪的化学研究。

对于自然产物的起源问题，伯奇利厄斯在某些方面仍保留有“活力论”者的观点。但尽管这样，他还是认识到使用“活力”这样一个术语仅仅是为了掩盖无知。他这样写道：“即使在得到了此类解释后，我们也如以前一样无知。”正是伯奇利厄斯最先把生命的化学制品带进了原子理论的范围，因此，首次在实验室中合成有机化合物的人是他的学生，这就成为一件必然的事了。他的这个学生就是维勒。

维勒 Friedrich Wöhler 1800 – 1882

维勒是一个兽医的儿子，他自称在学生时代是以既无特 324
殊热情又无广博知识而著名的。还是从很小的时候起，他就

热衷于化学实验和矿石采集，这使得他无法集中心思从事学校指定的功课。可是，在海得堡 Heidelberg 大学，维勒却给化学家格梅林 Gmelin 留下了很深刻的印象，以致这位化学家说服他去参加科学研究，并放弃那种把化学课程看做是浪费时间的观点。在格梅林的同事蒂德曼 F. Tiedemann 提出存在着利用化学方法研究生理学的可能性后，维勒便开始了对尿液中物质转化的研究，并时常将自己作为受试者。

在维勒还是一个医学院学生的时候，他就开始了氰酸的研究工作。这个工作可以看做是他以后著名的尿素研究的一个初步准备。毕业后，他便以格梅林为榜样，到斯德哥尔摩就学于伯奇利厄斯。他通过蒸发氰酸铵溶液制得了氰酸铵的同分异构化合物——尿素。这是第一次用取自非生命物质的材料至少在原则上是这样合成了原来由生物体产生的化学制品。现在，人们经常把尿素在体外的合成引作为消除有机化合物与无机化合物之间区别的一个重大事件。在当时，维勒却十分小心地关注着自己的发现在"作为一个由无机物人工制成有机物所谓动物的物质的范例"这一方面的情况。不过，在给李比希的信中他的语气就显得不那么拘谨，他写道："我已经盛不下我的那些化学液体了，无需狗或人的肾脏我就能制成尿素"。[33]

尿素的制备尽管经常被看做是无机化学制品和有机化学制品在理论上等价的证据，但实际上这件事情在同分异构体的研究中是一个更为重要的里程碑。一直到 1845 年由科尔比 H. Kolbe 1818－1884 合成了醋酸又称乙酸，人们才真正有了一个明显的事例来否定生命活动是生成有机化学制品的先决条件的观点。当然，彻底推翻化学中的活力论还需要很多其它证据。拜特洛 M. Berthelot 1827－1907 通常就被认为是给予这个旧理论以致命一击的人，但是，毫无疑问，第一个使它受到严重伤害的还应该是维勒。

动物化学

在 1750 年前，人们认为营养物质对动物是必需的，它们被用来作为肌肉和关节间的润滑剂，并且取代和修复因日常生活的撕扯、磨损而被消耗和毁坏的部分。化学家们推测这些成份存在于食物中，它们被机体直接同化掉。到了 1800 年，某些更为复杂的有机化合物被人们分离了出来，并作了描述，其中包括：乳糖、淀粉、叶绿素、甘油、酒石酸、乳酸、尿素、氢氰酸、草酸、柠檬酸以及苹果酸等。某些化学家，像拉瓦锡、切维尔 Michel – Eugene Chevreul 1786 – 1889 等，对博物学 325
家们所用的物种概念留下了深刻的印象，他们试图将其应用到化学分类上来。

有机化学尽管看来非常复杂，但化学家们仍期望有关营养物质和生物体组成的知识将给农业和营养学提供一个科学的基础。化学家们怀有经验公式足以表示有机化学物质特性的信念，可还是觉得自己无法对付在食物中发现的全部种类的化学物质。因而，他们转向分析大批的食物、体液和固体成份以及机体的分泌物等。对付这种复杂性的简单方法就是把食物看做是糖类、油脂类和蛋白类物质的混合物即碳水化合物、脂肪和蛋白质。

化学家和生理学家在用什么合适的方法来解释机体生命现象的问题上是有分歧的。尽管化学在它的成熟性方面又有了新的值得自豪的东西，但生命现象的化学解释在应用到十九世纪的生理学和医学中就遇到了困难——就像此类解释在巴拉赛尔苏斯时代所遇到的困难一样。很多生理学家把活体解剖看做为阐明生命复杂现象的唯一的方法。从他们的观点看来，“试管化学”在增进对生命的了解上是不会有什么贡献的。特兰西尔瓦尼亚 Transylvania 大学的医学教授考德威尔 C. CaldWell 写道：“如果生命是化学的东西的话，那么

人类本身也就被降低到了实验室的水平了。"[34]

化学家李比希和生理学家贝尔纳的成功与失败就表明了这场争论的重要性。

李比希 Justus von Liebig 1803 – 1873

在为争取创建德国化学家学会的斗争中，李比希意识到自己的使命是向人们证明：化学家既能研究非生命界也能研究生命界，化学科学将会引起食物、农业和工业的革命。

李比希在很小的时候，就表现出对化学实验的爱好。他父亲是一位药剂师兼化学药品商。青年时期，李比希就在他父亲店中的一个小实验室内做过化学合成和其它方面的一些实验。李比希的工作和经历可分为两个阶段：最初，他满足于经典的有机化学、发展和改进了分析与鉴定的方法以及自己的教学。在生命的第四个十年，他转向了农业化学和生物化学这些较为复杂的课题。这一新的兴趣给他带来了极大的成就和声望，但也暴露了他在作为一个思想家时的弱点以及日益增长着的那种仅仅依赖一些不可靠的、贫乏的论据就想系统地提出一个庞大理论的倾向。

李比希否认所有能说明酵母是生命有机体的证据，因此他对施旺和巴斯德的发酵研究抱着轻视的态度。虽然巴斯德并非完全正确，但李比希认为酵母是发酵产物而不是发酵起因这却是一种错误和倒退。按照李比希的观点，"腐败"的酵母将某种分子振动传送到了发酵液中。李比希认为，只有绿色植物才能利用那些从空气中和土壤中吸取的简单无机元素来制造复杂的有机物质。植物是化学合成的工厂，而动物则是化学降解的加工者。动物从植物那儿获取为自身组织所需要的成份，并将获取的多余部分作为燃料。尽管李比希设想在活体内的化学变化本质上与实验室中的化学变化是相同的，但是他却没有能使自己完全摆脱"活力"这一旧观念的

束缚。李比希做了物质不灭定律同样也适用于生物界的假定，他试图通过对机体吸收和排泄的各种成份的测定和平衡，来确定生物体中究竟有什么样的化学事件发生了。

李比希对新陈代谢现象的研究使人联想到桑塔雷欧，确实，他所做的努力同样也是徒劳的。贝尔纳后来说，这种用分析摄取和排出的物质来推断看不见的新陈代谢现象的企图，就好比是试图通过测定进入房门和离开烟囱的东西，来推断房间里所发生的事。

李比希还有过其它一些谬误，譬如，他设想只有蛋白质的降解供养着肌肉活动；排出的尿素可作为衡量动物活动的指标等等。他的一些有关营养的看法，尤其是关于蛋白质作用的观点，激起了一场研究食物的热潮，就像格雷厄姆 S. Graham [①]所作的那样——S. Graham 这一名字在饼干的俗名中永存。

马让迪 Francois Magendie 1783 – 1855

实验生理学的发展，在很大程度上应归功于不知疲倦、性情暴躁而冷酷的马让迪。无论在广泛性还是在概括性方面，虽然他都没有达到相当的高度，但他以一种独特的钻研精神在许多个别事例上做出了贡献。并且，实际上是他通过对毒药和催吐剂的研究从而开辟了实验药理学的新领域。马让迪曾担任过法兰西学院的医学教授、法国科学院院长以及公共卫生咨询委员会主席。马让迪以他所居的职位以及通过他的研究工作和个人演讲，使生理学的每一分枝都带上了他的印记。他的《处方汇编集》1821 向医学界介绍了马钱子碱、吗啡、碘化物和溴化物等化学药品。

马让迪的工作是以活体解剖为基础的。对于他做实验时

① S. Graham 1794 – 1851：美国的一位食品革新者。

残酷性的传说极大地刺激了反活体解剖者们的抗议活动。[35] 马让迪企图用物理化学原理来解释生命现象，为达此目的，他进行了那些被人们形容为近乎"疯狂"的实验。虽然他试图用一种纯粹的机械理论来解释绝大多数重要的生命现象，但看来至少在神经系统方面，他仍然允许存在着"活力"他认为，
327 神经系统的活动与其他生命过程有着本质上的区别。在神经系统的研究中〔曾因此引起过一场与贝尔 C. Bell 爵士争优先权的言词刻毒的论战〕，包括了他那些最为著名的实验。看来，他似乎是因发现脊神经的感觉和运动机能是彼此独立的而享有了极大声望。然而，他对科学所作的最为重大的贡献还是将自己的学生克劳德·贝尔纳从麻木和平庸中拯救了出来，并激发起了他对生理科学的热爱。

贝尔纳 Claude Bernard 1813 - 1878

贝尔纳在许多方面超过了他的老师，甚至连高傲的马让迪也不得不承认：贝尔纳的活体解剖技术胜过了自己；时间也证明了他具有系统地进行高度概括的能力。这些才能的结合使贝尔纳成了现代实验生理学的真正奠基者。

贝尔纳出生在一个贫苦的农民家庭，他幸运地在教区神父那里受到了一些经典学科的训练。经过进一步的学习之后，他在一所耶稣会学校担任语言和数学课程的教学，同时还做家庭教师以增加收入。经济上的困难迫使他成了里昂某一药商的店员。在这里，他干着仆人的活，如扫地、洗刷玻璃器皿以及送药方等。他受到雇主允许而独立制备的第一种制剂是鞋油。在工作中，递送药方是他仅有的乐趣，因为这时他可以在附近的兽医学校停留一下，观看那里所做的手术。

贝尔纳发现，医学在许多方面是极其荒谬的。因此，他编了一个有关万灵药的小剧。万灵药是一种大众化的药品，至少含有六十种成份，它们完全是随意混合而成的，以致于找

图 11－3　贝尔纳　Elsevier Amsterdam　引自 M. Florkin《生物化学史》第Ⅰ、Ⅱ部分 1972

不出哪两批药品曾有相同的成份。这一剧本的成功激励着他去追求更伟大的东西，他开始雄心勃勃地去创作一个五幕历史剧。可是，这样做就严重地妨碍了他钻研药剂师的精巧技术，从而导致主人与他解除合同。于是，他就满怀着希望来到了巴黎。但是，吉拉丹 SaintMarc Giradin 巴黎大学一位文学评论家劝告他说：如果是为了吃饭，就应该再去学一种其它的职业。这使他极为泄气。1834 年，贝尔纳进入了巴黎医学学校。虽然他在 1839 年获得了实习医生的职务，但却根本没有被人看做是一个出色的学生。事实上，在参加考试的二十九人中，他名列第二十六。

贝尔纳由于难以获得教授职位，因而做了马让迪多年的助手。他为了得到一份好嫁妆而缔结了一个筹划好的婚约，以便使自己摆脱经济拮据的困境。可是他的妻子却是一位对宗教极为虔诚的太太，因此她极力反对活体解剖。他们间的争吵使得贝尔纳的健康状况变得更坏，并且胃炎也发作了。
328 从 1847 年起，贝尔纳与马让迪共同分担法兰西学院的教学。同年，贝尔纳获得了科学院实验生理学奖。1854 年他成了科学院成员。最后，在 1855 年，他接替了马让迪在这个学院的教授职位。多年的焦虑、与妻子的争吵以及长期在作为实验室的又冷又潮的地下室里工作等，使贝尔纳的身体状况受到了严重的损害，这迫使他在四十七岁时回到故乡以期恢复健康。在此休养期间，他有时间来思考一下自己工作所具有的更为广泛的含义，从而写成了《实验医学研究导论》一书。这本书成了生理学历史上的里程碑，同时也把贝尔纳从一个自然科学家提升到了哲人的高度。

贝尔纳在逝世前不久开始了一项他自己认为是能给发
329 酵问题带来新希望的研究。他死后才被发现的那些不完整的记录和推测促使巴斯德在以后进行疯狂般的实验来反驳他

们。在病危临终时，贝尔纳对他的朋友们讲："真遗憾，如果能完成那项研究该有多好。"他死后，法国为他举行了英雄的葬礼，下议院投票通过为他举行荣耀的国葬。这对科学家们来说还是第一次。小说家福楼拜 G. Flaubert 1821－1900 把这一件事描述为比教皇逝世时所举行的仪式更为令人难忘。他称贝尔纳的葬礼"是虔诚的和极为壮观的葬礼"。[36]

与先前所有的生理学家们相比，贝尔纳在其研究进程中有着更多的发现，并对各种生理现象提出了更多而且更为深刻的见解。在他的发现中，有肝脏的糖原合成功能，血管舒缩神经，胰液在消化中的作用，箭毒、一氧化碳以及其它一些毒性物质的作用性质等等。他写过许多文章和一部十四卷的生理学研究著作——《实验生理学在医学中的应用教程》。他在理论方面的贡献也是同样重要的，其中著名的有"内分泌"概念、复杂生物内环境的恒定以及他的科学哲学。在贝尔纳看来，活力论和机械论是毫无价值的哲学，它们常常阻碍科学的进步。为了取代它们，他提倡"决定论"，即相信实验方法及其对生命有机体的适用性。

早在 1854 年，贝尔纳就已在他的讲课中包含了有关内环境恒定原理的论述。这一概念后来出现在他的《实验医学研究导论》一书中，并在他以后的著作中得到进一步的发展。正是在他最早的著作中就已暗含的"决定论"学说，使得他能够发展这一基本的生理学原理。他相信，对所有的生命现象来说，始终存在着真实的物理化学基础无论它们是如何变化多端和神秘莫测。研究生命现象的这个指导性原理必将继续发挥作用，直到人们获得一个适当的物理化学解释为止。贝尔纳提出这一原理的目的在于完全排除"活力"这一变幻莫测的因素，因为它与用于非生命界的那些定律相悖，并且使得人们觉得生物有机体的一切活动似乎是以某种超科学的

方式进行着的。

贝尔纳在他的《实验医学研究导论》一书中告诫实验者们：必须“怀疑，避免固定的观念，并且始终保持思想的自由”。但是，又必须避免抱过分怀疑的态度，因为“我们必须相信科学，即相信决定论。我们必须相信，在生命机体特有的现象中以及在其它一切事物中，彼此之间都有一种全面的、必然的联系”。[37]

贝尔纳就像关心彻底消除“活力论”的残余一样，也关心着确立生理学研究方法相对李比希的化学研究方法而言所具有的优越性。他意识到这是一条艰难的道路，并且也考虑
330 过他的工作可能会被更为令人注目的或更具有魅力的科学家们，如巴斯德、达尔文等夺去光彩。他关于生命科学的形象化的比喻很好地表达了这种困难——“如果需要对我有关生命科学的思想作一些比喻的话，”他写道：“我可以这样说，它是一个华丽的、光彩夺目的大厅，仅仅只有在穿过一间长而可怕的厨房后才有可能到达那儿。”[38]

然而，精确地为“生命”下定义是不可能的，科学家绝对不能让推测去干扰真正的科学工作，即分析和比较各种生命现象的工作。如果硬是要用一句话来给生命下定义的话，那么，贝尔纳就会这样讲：“生命即创造。”他把生物体这一“被造物”定义为“一部需要凭借自身组成部分的物理化学特性而运转的机器”，从而进一步扩展了这一定义。虽然人们时常用到“生命的特性”这一术语，但实际上这只是一个短语，指的是“我们现在还不能用物理化学术语来表达的那些特性。但是，毋庸置疑，我们将来总有一天会做到的”。[39] 贝尔纳以活体解剖和其它实验来作为其了解生命现象的手段。他认为“只有通过实验才能建立生命的科学。我们只有在牺牲了某些生命之后，才有可能将生命从死亡中拯救出来”。[40]

生理学家被要求做出的贡献总括起来即："生理学家不是一个时髦人物，而是一个科学的人物，他被自己所追求的科学思想所吸引着；他再也听不到动物的喊叫声，再也看不到流淌着的鲜血，他所看到的只是他自己的科学观念，他所感到的只是那些他想去解决的隐匿于生物体中的问题。"[41]

肝脏的糖原生成作用和动物的合成能力

贝尔纳认为，他工作中最重要的一部分是验证肝脏中的糖原生成作用。为了从事这一工作，他不得不使自己摆脱普遍流行着的各种有关动植物新陈代谢的理论，独自打开一条新路。那时的科学家们认为，食肉类动物血中的糖份完全是由所摄取的食物来供给的。并且设想动物只利用追其根本是由植物所合成的糖，它们利用由植物合成的食物来支持自身的氧化过程按推测，这种氧化过程不是发生在血液中就是发生在肺部。但是，最终由贝尔纳证明了甚至于在食物中不含糖份时动物血中也依然存在着糖类。

在对从食物中吸取的糖经过肝、肺或其它一些组织时被破坏的理论进行的检验中，贝尔纳连续几天用碳水化合物来喂养狗，然后在食物消化期间将它们处死。他在肝静脉中发现了大量的糖。为做对照实验，他仅以肉类喂狗，这时他惊奇地发现尽管肠中没有糖，但在肝静脉中却有很多。在否定当 331
时那些流行的理论以前，他还做了许多其他实验，以确定那些被推测为破坏碳水化合物的组织所处的部位。通过这些实验，贝尔纳发现了葡萄糖的异生作用——其它物质在肝脏中转化成葡萄糖的作用。这是与那种认为肝脏只能从血液中摄取葡萄糖必须从食物中来的观念的一次重大决裂。此外，贝尔纳还发现了糖原动物贮存碳水化合物的聚合体、糖原的生成作用糖原的合成以及糖原的分解作用糖原分解成葡萄糖等。另外，一些用以确定糖在通过肺部时是否受到破坏以产生热的实验揭

示了：糖并非全部或者只在肺或任何一种特殊组织中被破坏的，而是所有的组织都具有利用糖的酵解作用。

这些研究导致了“内分泌”概念的产生。内分泌是这样一种产物，它被直接送入血液，而不是向外送至分泌它们的腺体器官的外面。

内环境和外环境

法国大多数科学家虽然都忽视了施旺在他的细胞生理学和新陈代谢的观点中对浸润细胞之营养基重要性的强调，但贝尔纳所具备的洞察力却使他看到了它能适用于生理学的基本问题——细胞与直接跟它们相接触的周围环境间的关系。贝尔纳认为自己是坚持复杂动物具有两个环境观点的第一个科学家。动物同时处于“两种环境中，一种是外环境，生物体置身其间；另一为内环境是身体组织的各个部分赖以生存之处。在外环境中并不发生生命进程中的那些活动，生命的进程只发生在液相的内环境中。这一液相内环境是由包围并浸浴着组织中所有解剖学成份的循环体液所构成的”。

他用一句名言高度地概括了这一工作：“内环境的恒定是自由和独立的生命赖以维持的条件。”由于动物将自己关闭在一种“温室”里，外环境的变化不会干扰它。这种自由是“那些最为复杂或器官分化程度最高的生物体所特有的”。贝尔纳又解释道：但这并不意味着周围环境对较高等的动物来说是无关紧要的，恰恰相反，较高等动物同它有着相当密切和内在的联系，以致于在它们之间建立起的平衡就像有一架极为灵敏的天平在进行持续和精确地补偿一样。[42]

《实验医学研究导论》一书表明，贝尔纳是一位理想的科学家和哲人。他始终头脑清醒，富有理性，并从不会在某一个假设面前不知所措。人们曾仔细审阅过他的那些研究手册，从而明白他通往发现的道路远比他在那些已经过精心加工

而出版的著作中所能表明的更为崎岖曲折。[43] 虽然在实验外科手术上他的技能极为高超，但化学技术方面的欠缺看来妨碍了他的整个事业。正如 F. L. 霍姆斯所指出的那样，贝尔纳 332
确信：虽然自己的奋斗经过了漫长的岁月，并且一直默默无闻地埋头于几乎没有给自己带来成功、报酬或公认的研究之中，但自己仍不失为一个生理学的改革者和具有高度独立性的研究者。事实上，贝尔纳关于内环境恒定的概念并没有立即得到人们的赏识，尤其是他那些保守的法国同事们更不以此为然。

阐明新陈代谢中各个复杂的途径以及调节它们的酶、激素和神经因素等，至今仍然是一项庞大的未竟任务。贝尔纳的工作开辟了一个新纪元，使现代生理学就像生物化学那样完全脱离了过去的轨道。在贝尔纳离开之后，看来在他那些非常敏锐而又有先见之明的观点能够被完全采纳以前，这一领域必须要有一个暂时的停顿，以便人们能很好地消化它们。正如贝尔纳在他晚年时所注意到的那样，一个人“至多只能按照自然现象的启示去行事，理论只是作为火把去照亮道路，它们一旦熄灭即需要替换。”[44] 二十世纪，美国、英国、德国和法国的研究者们回到了内环境稳定的概念上来了，并让它指导自己的工作。亨德森 L. J. Henderson 1878 - 1942 在美国对贝尔纳的工作进行了宣传和推广，他赞助将《实验医学导论》一书译为英文 1927，并在他《环境的合适性》一书中根据内外环境之间的关系来探讨“生命的特征”这个问题。

坎农 B. Cannon 1871 - 1945 以他那些篇幅巨大而又明白易懂的著作对人们认识生理学的调节机制起了极为重要的促进作用，其影响甚至还超出了这个狭小的学术界圈子。1926 年，坎农发明了“体内平衡” homeostasis 一词，用它来表示维持内环境恒定的条件。按照坎农 1932 的观点，“体内平

图 11－4　坎农　引自 J. F. Fulton L. G. Wilson《生理学史选读》1966

衡”这一术语“并没有某种是稳定的、不变的和停滞不动的意思，而是指一种条件——一种可能是变化的但又相对恒定的条件”。对于维持生物有机体稳定状态的各个生理现象的协调过程，坎农称它们“是那样的复杂，仅仅只能为生物体所具有。在这些过程中，可能牵涉到脑和神经、心脏、肺、肾脏以及脾脏等各个部分的相互协调活动”。某些生理学家与坎农一样，期望在研究有关复杂生物调节机制的过程中，能够使人们对其它种类的生物，“甚至是对社会和工业它们正处于紊乱的苦难之中”的认识进一步深化。[45]

自从贝尔纳和坎农创立了“体内平衡”这一对生理学研究具有指导意义的原理以来，这一概念得到了很大的扩充。其中某些新的术语，如反馈、回路、伺服机构、传递作用和控制论等，都表明这一概念不仅为生物学家所采用，而且还适用于那些由工程师、社会学家、经济学家、生态学家以及数学家们所从事研究的问题。这一概念是如此地重要，以致兰利 L. L. Langley 这样认为：“任何今天所发表的值得付印的文章至少是有关生理学的文章，都应当对‘体内平衡’机制作进一步的阐述。”[46]

注　释：

1. M. Foster(1970). *Lectures on the History of Physiology*. New York: Dover, p. 55.

2. For example,

F. H. C. Crick(1967). *Of Molecules and Men*. Seattle: University of Washington Press;

A. Koestler and J. R. Smythies(1969). *Beyond Reductionism*, Boston: Beacon;

J. Monod(1971). *Chance and Necessity*. New York: Knopf.

3. Foster. p. 146.

4. R. Descartes. *Treatise of Man*. Translated by T. S. Hall(1972). Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

5. Descartes, pp. 9 – 10.

334 6. Descartes, pp. 17 – 21.

7. Foster, p. 62.

8. Foster. pp. 67 – 68.

9. Foster, pp. 71 – 73.

10. Foster, pp. 74 – 75.

11. Foster, pp. 165 – 166.

12. J. F. Fulton and L. G. Wilson, eds. (1966). *Selected Readings in the History of Physiology*. Chicago: Thomas, p. 214.

13. Foster, p. 285.

14. H. E. Sigerist(1933). *The Great Doctors, A Biographical History of Medicine*. New York: Norton, p. 185.

15. Sigerist, p. 191.

16. Foster, p. 291.

17. Foster, pp. 296 – 297.

18. E. Nordenskiold(1936). *The History of Biology*. New York: Tudor, pp. 238 – 243;

T. S. Hall(1969). *History of General Physiology*, Chicago: University of Chicago Press, pp. 46 – 56;

A. Vartanian(1960). *La Mettrie' s l' homme machine*. Princeton, N. J.: Princeton University Press.

19. L. L. Langley, ed (1973). *Homeostasis: Origins of the Concept*. Philadelphia: Dowden, Hutchinson and Ross.

20. Foster, p. 141.

21. Fulton and Wilson, pp. 173 – 174.

22. J. R. Partington(1961). *A History of Chemistry*. New York: St. Martin.

23. Foster, p. 168.

24. H. M. Leicester and H. S. Klickstein, eds. (1968). *A Source Book in Chemistry 1400 – 1900*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, p. 58.

25. Leicester and Klickstein, pp. 61 – 62.

26. Foster, p. 232.

27. Leicester and Klickstein, pp. 134 – 153.

28. Leicester and Klickstein, pp. 101 – 112.

29. A. Holt(1931). *A Life of Joseph Priestley*. London: Oxford University Press.

30. Leicester and Klickstein, pp. 112 – 125; Foster, pp. 237 – 243;
I. V. Brown, ed. (1962). *Joseph Priestley: Selections from His Writings*. University Park: Pennsylvania State University Press;
J. Priestley(1803). *The Doctrine of Phlogiston established and that of the composition of Water refuted*. 2nd Ed. Northumberland, Pa.: Byrne.

31. D. Mckie(1952). *Antoine Lavoisier*. New York: Schuman.

32. Leicester and Klickstein, pp. 154 – 180;
E. Mendelsohn(1964). Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

33. M. Florkin(1972). *Comprehensive Biochemistry*. Vol. 30, *A History of Biochemistry*. New York: Elsevier, pp. 251 – 253;
Leicester and Klickstein, pp. 309 – 316.

34. Florkin. p. 175.

35. R. D. French(1975). *Antivivisection and Medical Science in Victorian Society*. Princeton: Princeton University Press.

36. J. M. D. Olmsted(1938). *Claude Bernard Physiologist*. New York: Harper, p. 245.

37. C. Bernard(1957). *An Introduction to the Study of Experimental Medicine*. New York: Dover, p. 35.

38. Bernard, p. 15.

39. Bernard, p. 93.

40. Bernard, p. 102.

41. Bernard, p. 103.

42. Bernard, Foreword by I. B. Cohen.

43. F. L. Holmes(1974). *Claude Bernard and Animal Chemistry*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

44. Holmes, p. XV.

45. W. B. Cannon(1967). *The Wisdom of the Body*. 2nd Ed. New York: Norton, pp. 24 – 25.

46. Langley, p. 293.

参考文献:

Allen, G. (1975). *Life Science in the Twentieth Century*. New York: Wiley.

Beck, L. J. (1952). *The Method of Descartes; a Study of the Regulae*. Oxford: Clarendon.

Bernard, C. (1957). *An Introduction to the Study of Experimental Medicine*. New York: Dover.

Berry, A. L. (1960). *Henry Cavendish: His Life and Scientific Work*. London: Hutchinson.

Brooks, C. McC. (1962). *Humors, Hormones, and Neurosecretions, the origins and development of man's present knowledge of the humoral control of body functions*. Albany: State University of New York.

Brooks, C. McC., Kaizumi, K., and Pinkston, J. O., eds. (1975). *The Life and Contributions of Walter Bradford Cannon, 1871 – 1945*. New York: State University of New York Downstate Medical Center.

Brooks, C. McC., and Cranefield, P. F., eds. (1959). *The Historical Development of Physiological Thought*. New York: Hafner.

Brown, I. U., ed. (1962). *Joseph Priestley: Selections from his Writings*. University Park: Pennsylvania State University Press.

Cannon, W. B. (1932). *The Wisdom of the Body*. New York: Norton.

Cannon, W. B. (1915). *Bodily Changes in Pain, Hunger, Fear and Rage; an account of Recent Researches into the Function of Emotional Excitement*. New York: Appleton.

Cannon, W. B. (1923). *Traumatic Shock*. New York: Appleton.

Cannon, W. B. (1936). *Digestion and Health*. New York: Norton.

Castiglioni, A. (1947). *History of Medicine*. New York: Knopf.

Clark – Kennedy, A. E. (1929). *Stephen Hales, DD. FRS, and Eighteenth Century Biography*. Cambridge: Cambridge University Press.

Cohen, C. (1975). The Protein Switch of Muscle Contraction. *Sci. Amer. 233*: 36 – 45.

Coleman, W. (1971). *Biology in the Nineteenth Century*. New York: Wiley.

Crick, F. H. C. (1967). *Of Molecules and Men*. Seattle: University of Washington Press.

Crombie, A. C. (1959). Descartes. *Sci. Amer. 201*: 160 – 173.

Crowther, J. G. (1962). *Scientists of the Industrial Revolution*. Philadelphia: Dufour.

Descartes, R. (1662). *Treatise of Man*. Translated by T. S. Hall (1972). Cambridge: Harvard University Press.

D'Irsay, S. (1930). *Albrecht von Haller*. Leipzig: Thiene. Eyles, U. A. (1954). Nicolaus Steno. *Nature 174: 8 – 10.*

Farber, E., ed. (1961). *Great Chemists*. New York: Interscience.

Foster, M. (1899). *Claude Bernard*. New York: Longmans, Green.

Foster, M. (1901). *Lectures on the History of Physiology during the Sixteenth, Seventeenth, and Eighteenth Centuries*. Reprint of 1901 edition. New York: 1970 Dover.

French, R. D. (1975). *Antivivisection and Medical Science in Victorian Society*, Princeton: Princeton University Press.

Fulton, J. F. (1949). *Physiology of the Nervous System*. New York: Oxford University Press.

Fulton, J. F., and Wilson, L. G., eds. (1966). *Selected Readings in the History of Physiology*. Chicago: Thomas.

Carboe, A., ed. (1959). *The Earliest Geological Treatise*. London: MacMillan.

Gibb, F. W. (1965). *Joseph Priestley: Adventurer in Science and Champion of Truth*. London: Nelson.

Goodfield, G. J. (1969). *The Growth of Scientific Physiology*. London: Hutchinson.

Gordon – Taylor, G., and Walls, E. W. (1958). *Sir Charles Bell, his Life and Times*. Edinburgh: Livingstone.

Gotch, F. (1908). *Two Oxford Physiologists*. Oxford: Clarendon.

Graubard, M. (1953). *Astrology and Alchemy; two fossilsciences*. New York: Philosophical Library.

Grmek, M. D. (1972). "A Survey of the Mechanical Interpretations of Life from the Greek Atomists to the Followers of Descartes," in *Biology, History, and Natural Philosophy*. Edited by A. D. Breck and W. Yourgrau. New York: Plenum.

Guerlac, H. (1953). John Mayow and the Aerial Nitre. *International Congress of the History of Science*, Actes V Ⅱ. Paris: pp. 332 – 349.

Guerlac, H. (1954). The Poet's Nitre. *Isis 45*: 243 – 255.

Guerlac, H. (1957). Joseph Black and Fixed Air: A Bicentenary Prospective, with Some New of Little Known Material. *Isis 48*: 124 – 151, 433 – 456.

Gunther, R. T., and Franklin, K. J. (1932). *Early Science in Oxford*. Vol. 9. Oxford: Clarendon.

Hall, T. S. (1975). *History of General Physiology 600 B. C. to A. D. 1900*. 2 vols. Chicago: University of Chicago Press.

Haller, A. von. (1786). *First Lines of Physiology*(1786). Translated by W. Cullen (1966). New York: Johnson Reprint.

Hartog, P. (1941). The Newer Views of Priestley and Lavoisier. *Annals of Science 5:* 1 – 56.

Hawkes, E. (1928). *The Pioneers of Plant Science*. London: Sheldon.

Haymaker, W., ed. (1953). *Founders of Neurology*. Springfield, Ill.: Thomas.

Hemmeter, J. D. (1908). Albrecht von Haller. Scientific. Literary and Poetical Activity. *Johns Hopkins Hospital Bulletin 19:* 65.

Holmes, F. L. (1963). The Milieu Interieur and the Cell Theory. *Bulletin of the Institute of the History of Medicine 37:* 315 – 335.

Holmes, F. L. (1974). *Claude Bernard and Animal Chemistry. The Emergence of a Scientist*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Holt, A. (1931). *A Life of Joseph Priestley*. London: Oxford University.

John, H. J. (1959). *Jan Evangelista Purkyne, Czech Scientist and Patriot*. Philadelphia: American Philosophical Society.

Jorpes, J. E. (1966). *Jac Berzelius, His Life and Work*. Translated by B. Steele. Stockholm: Almquist and Wiksell.

Keynes, G., ed. (1949). *Blood Transfusions*. Bristol: Wright.

Kloaster, H. S. van. (1947). Jan Baptist van Helmont. *Journal of Chemical Education 24:* 319.

Koestler, A., and Smythies, J. R., eds. (1969). *Beyond Reductionism*. Boston: Beacon.

Langdon – Brown, W. (1946). *Some Chapters in Cambridge Medical History*. Cambridge: Cambridge University Press.

Langley, L. L., ed. (1973). *Homeostasis: Origins of the Concept*. Philadelphia: Dowden, Hutchinson and Ross.

Leake, C. D., ed. (1956). *Some Founders of Physiology: Contributions to the Growth of Functional Biology*. Washington, D. C.: American Physiological Society.

Leicester, H. M., and Klickstein, H. S., eds. (1968). *A Source Book in Chemistry 1400 – 1900*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Long, E. R. (1965). *History of Pathology*. New York: Dover.

Lowndes, R. (1878). *Rene Descartes: His Life and Meditations*. London: Norgate.

Lusk, G. (1922). A History of Metabolism. *Endocrinology and Metabolism*(edited by L. F. Barker) *3*: 1 – 78.

Maar, V. (1902). *Nicolaus Steno: Opera Philosophica*. Copenhagen: Glydendal.

Mahaffy, J. P. (1881). *Descartes*. Philadelphia: Lippincott.

McKie, D. (1952). *Antoine Lavoisier: Scientist, Economist, Social Reformer*. New York: Schuman.

McKie, D. (1942). The Birth and Descent of John Mayow: a Tercentenary Note. *Phil. Mag. J. Sci. 33*: 51 – 60.

McKie, D. and Heathcote, N. U. (1935). *The Discovery of Specific and Latent Heats*. London: Arnold.

Mendelsohn, E. (1964). *Heat and Life. The Development of the Theory of Animal Heat*. Cambridge, Mass.: Harvard Umversity Press.

Monod, J. (1971). *Chance and Necessity*. New York: Knopf.

Moon, R. O. (1931). President's Address: Van Helmont, Chemist, Physician, Philosopher, and Mystic. *Proceedings of the Royal Society of Medicine 25:* 1 – 6.

Moulton, F. R., ed. (1942). *Liebig and After Liebig*. Washington, D. C.: American Association for the Advancement of Science.

Needham, D. (1971). *Machina Carnis. The Biochemistry of Muscular Contraction in its Historical Development*. Cambridge: Cambridge University Press.

Olmsted, J. M. D. (1938). *Claude Bernard, Physiologist*. New York: Harper.

Olmsted, J. M. D. (1944). *Trancois Magendie, Pioneer in Experimental Physiology*. New York: Schuman.

Partington, J. R. (1961). *A History of Chemistry*. 2 vols. New York: St. Martin.

Partington, J. R. (1959). Some Early Appraisals of the Work of John Mayow. *Isis 50*: 211 – 226.

Partington, J. R. (1956). The Life and Work of John Mayow (1641 – 1679). *Isis 47*: 217 – 230.

Partington, J. R. (1936). Jean Baptista Van Helmont. *Annals of Science 1*: 359 – 384.

Patterson, T. S. (1931). John Mayow in Contemporary Setting. *Isis 15*: 47.

Priestley, J. (1966). *A Scientific Autobiography of Joseph Priestley (1733 – 1804): Selected Scientific Correspondence*. Edited by R. E. Schofield. Cambridge, Mass.: MIT Press.

Ramsay, W. (1918). *Life and Letters of Joseph Black*. London: Constable.

Rolleston, H. D. (1932). *The Cambridge Medical School*. Cambridge: Cambridge Uni-

versity Press.

Rossiter, M. W. (1975). *The Emergence of Agricultural Science: Justus Liebig and the Americans, 1840 – 1880.* New Haven: Yale University Press.

Roth, L. (1937). *Descartes' Discourse on Method.* Oxford: Clarendon.

Sachs, J. von. (1909). *A History of Botany.* Oxford: Clarendon.

Scheele, C. W. (1952). The Discovery of Oxygen. *Alembic Club Reprints 8.*

Schiller, J. (1967). *Claude Bernard et les Problems scientifiques de son temps.* Paris: Editions du cedre.

Scott, J. F. (1952). *The Scientific Work of Ren Descartes.* London: Taylor and Francis.

Shenstone, W. A. (1901). *Justus von Liebig, his Life and Work.* New York: Cassell.

Sigerist, H. E. (1933). *The Great Doctors: a Biographical History of Medicine.* Translated by E. and C. Paul(1958). Carden City: Doubleday.

Smith, E. F. (1920). *Priestley in America, 1794 – 1804.* Philadelphia: Blakiston's.

Smith, H. M. (1949). *Torchbearers of Chemistry.* New York: Academic.

Soderbaum, H. G. (1934). *Jons Jacob Berzelius, Autobiographical Notes.* Translated by O. Larsell. Baltimore: Williams and Wilkins.

Stevenson, L. G. (1947). *Sir Frederick Banting.* Toronto: Ryerson.

Stillman, J. M. (1960). *The Story of Alchemy and Early Chemistry.* New York: Dover.

Strunz, F. (1907). *Johann Baptist van Helmont(1577 – 1644).* Leipzig: Deuticke.

Suner, A. P. (1955). *Classics of Biology.* New York: Philosophical Library.

Thorpe, E., ed. (1920). *Chemical and Dynamical Researches.* Monographs in Industrial Chemistry. Clayton(U. K.): William Margarine.

Thorpe, E., ed. (1894). *Essays in Historical Chemistry.* London: MacMillan.

Thudichum, Ludwig(1875 – 76). The Discoveries and Philosophy of Liebig, with Special Reference to Their Influence upon the Advancement of the Arts. Manufactures and Commerce. *Journal of the Society of Arts.*

340 Underwood. E. A. (1944). Lavoisier and the History of Respiration. *Proceedings of the Royal Society of Medicine 37*: 247 – 262.

Undang, G. (1948). Berzelius and Pharmacy. *Journal of the American Pharmacological Society, Scientific edition37*: 481 – 85.

Valery, P. (1947). *The Living Thoughts of Descartes.* Philadelphia: McKay.

Volhard J. (1909). *Justus von Liebig.* 2 vols. Leipzig: Barth.

Walden, P. (1944). *Drei Jahr Tausende Chemie.* Berlin: Limpest.

White, J. H. (1932). *The History of Phlogiston Theory*. London: Arnold.

Wilson, G. (1851). *The Life of the Honourable Henry Cavendish*. London: Cavendish Society.

第十二章　进化论

一　从“自然史”到“生物学”

在十九世纪，由于进化论不适合于比较严格、精密的实验条件，因此比起生物学中的其它分支，如生理学、细胞理论、胚胎学、动物化学甚至微生物学来，在非科学家中，就更加适合于进行争论并将得到普及。毫无疑问，达尔文的《物种起源》一书成了古老的自然史和新生的生物学相结合的缩影。这本书于 1859 年出版，它所激起的争论长久地使人们忽略了十九世纪生物学中出现的重要新概念和实验研究的新水平。在十九世纪，“科学家”已开始代替“自然哲学家”，更重要的是，职业科学工作者开始取代先前那些把自然哲学作为消遣的业余爱好者、医生和牧师。达尔文则成了最后一个，也是最伟大的自然哲学家。

“生物学” biology 这个术语是在十九世纪初首次提出

的。它出现在法国动物学家拉马克和德国博物学家特雷维拉努斯 G. Treviranus 1776 – 1837 的著作中。按照拉马克的定义，生物学是——

> 地球上物质科学的三个大分支之一。它研究所有有生命的物体，特别是研究它们的组织与发展过程，研究由生命活动的延续性造成的结构复杂性；研究有生命物体形成某些特殊器官以及把活动集中于某个中心而把这些器官分离出来的趋势，等等。[1]

十九世纪三十年代，法国社会学家孔德 A. Comte, 1798 – 1857 把生物学说成是实证哲学的一门主要科学，并且详细说
342 明了生物学家是唯一“有能力把物理学的理论成功地应用于生理学问题并做出合理解释”的人。[2] 生物学家乐意抛开纯粹收集资料和描述事实的传统转而通过观察和实验研究动植物的活动状态的工作上来。要理解生物学家这种进行观察和实验的新愿望，必先简略地回顾一下十八世纪生物学家对世界各地各式各样数量众多的动植物进行资料积累和分类的热情。这种热情在林耐的生活和工作中表现得最为突出。他是科学分类法的最主要奠基人。具有讽刺意味的是，进化理论却是由那些只看见自然界的稳定性和现存模式的分类学家和自然哲学家所做的工作来实现的，这些人认为物种自上帝创造以来是固定不变的，他们的研究只不过是给造物主进一步增添光辉。

直到 1600 年左右，教会才接受了物种有某种程度的演变的观念。尽管当时人们所知道的物种为数很少，物种的概念也很含糊，但人们毕竟还能意识到，如果亚当是一切人种的唯一祖先，而所有的人种都属于一个物种的话，那么自从

上帝造人以来，人必然发生了某些变化；如果考虑到方舟容积的大小，那就不难证明诺亚 Noah 所收集的成对动物远比目前地球上所存在的物种要少得多。但是当林耐和别的科学家对物种进行了分类并给出科学的定义时，教会反对进化论的态度就变得更严厉了。

由于许多关于进化论的论战都使用了系统分类学的术语，因此，有必要先对这领域作个简略的概述。

二　分类和分类学

随着人们对世界认识的不断扩大和深化，为了用来和他人交流，有必要对不同的个体进行分群归类。原始人类就已经发展出一些方法把周围的物体按实用的目的分门别类。这种分类的基础一般是物体所具有的特点，这些特点必须是容易理解、显著明确和起重要作用的。对于当时的人类来说，判明莴苣可吃，有毒的常青藤不能吃，这是非常重要的。因此，可吃和不可吃是两个重要的范畴。这种分类系统中的某一些却又是相当复杂的，甚至应用了某种形式的化学分类法。

分类学的开始

最早企图按科学方法分类的是柏拉图和亚里士多德。柏拉图的“形态”forms 即代表这一物种的“概念”idea 的思想一度很有影响。亚里士多德则较为实际，他把形态放到该物种 343
的本质中去进行考察。如前所述，他从来没有搞出过一个完整的分类系统，只是提出了如何去做的方法。他在自己的著作中，只用了分类学术语中的“属”genus 和“种”species 两个概念，但是他的“自然的等级”和“生物的巨大链条”两个概念为后来的博物学家提供了一个较为正确的框架。[3] 亚里士多

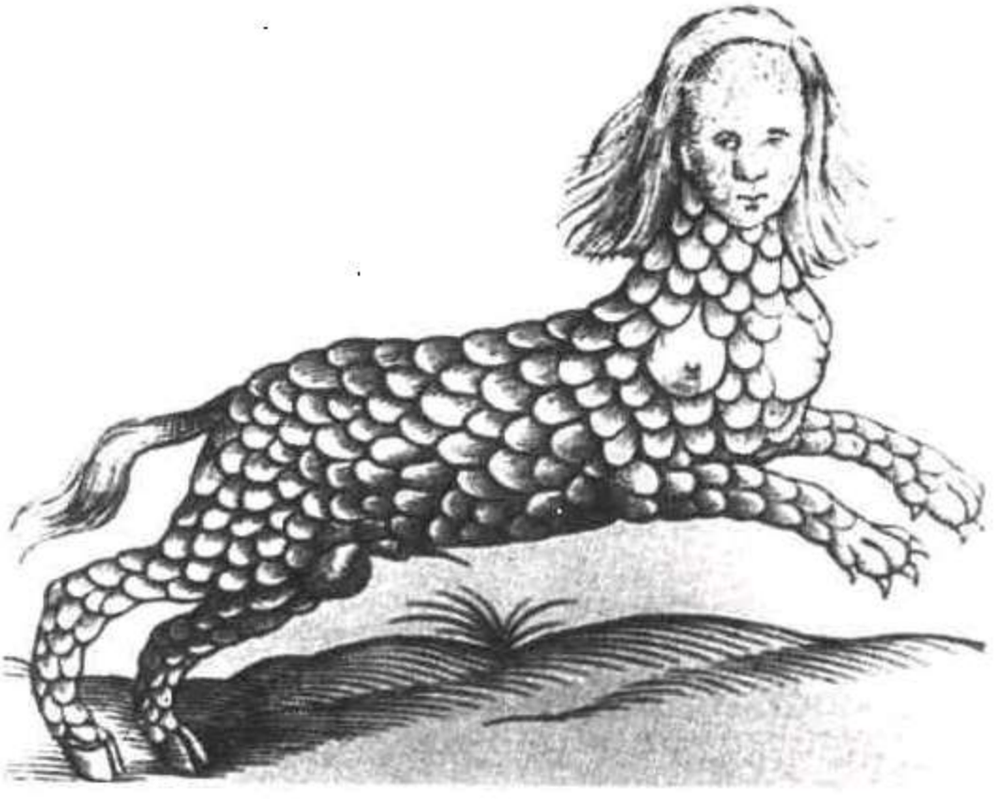


图 12－1　女妖　引自 E. Topsell《四足兽·蛇·昆虫的历史》
纽约法卡普出版社　1967

德则认为自己只不过是一个为后人收集材料的先行者；他主张要用动植物的多项特征来发现事物可以群分的天然界限，而不要像柏拉图那样搞简单的两分叉方法。如果忠实地按照亚里士多德的原则去做的话，分类学早就可以有个很好的开端了。不幸的是后来对动物的描述虽然越来越普遍，但却越来越不精确。在早期研究自然的历史中充满了各种各样陌生的和奇妙的上帝创造物。它们的行为则比外形更为稀奇古怪。动物学退化到了这样一种地步：要把事实从虚构中区别出来，已经变得极为困难了。

在十七八世纪，人们想要寻找一种系统的分类体系，这在生命科学中占了优势。当时大家都专心于分类学，原因是

多方面的，但起决定作用的是材料的巨大数量。地球上的物种现在估计约二百万种。亚里士多德只描述了约五百种动物，到 1600 年人们才知道约六千种植物。1700 年时，植物学家有一万二千个新种需要进行分类。动物学家也同样面临着“新的信息浪潮”。另一个原因是博物学家认识到他们的“科

344

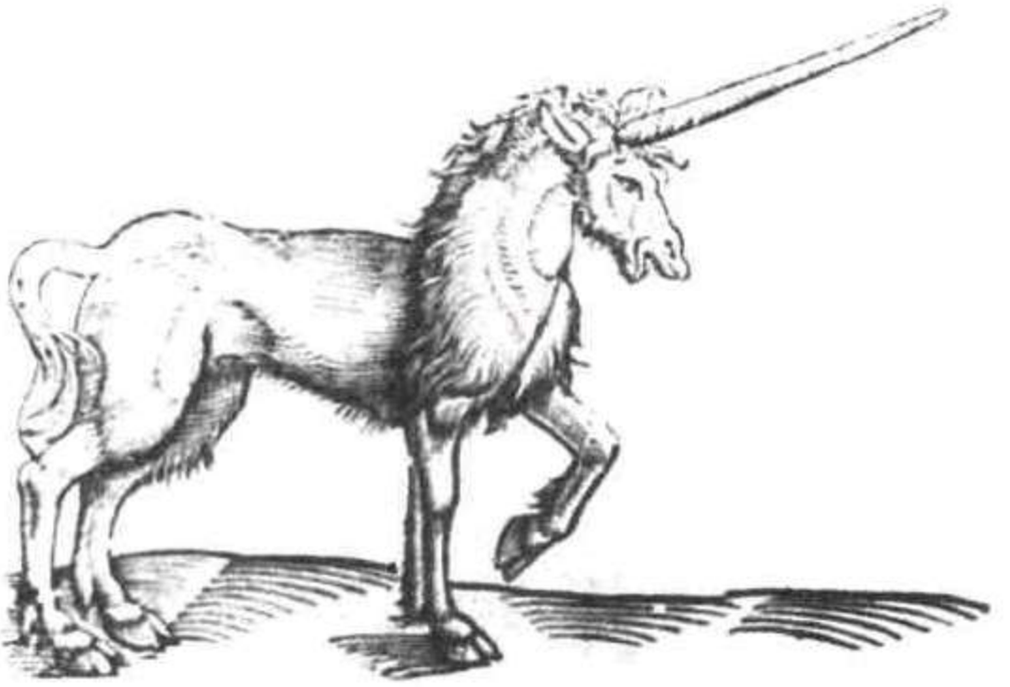


图 12－2　独角兽　引自同图 12－1

学”已经很不光彩地远远落在物理科学的后面。物理科学家们已经发现了一个由自然规律所结合起来的有秩序的世界，因此生物学家们也必然能够找到一个规律，对大量的、似乎是凌乱无秩序的动植物进行分类。

引起分类学热潮的另一个因素是需要对研究自然的历史进行一次“清洗”，这种清洗早就该进行了。对动物学家来说，清洗那些实际上并不存在的、古怪神奇物种的时候已经 345
来到了。这些物种乱七八糟地充斥了那些自称是科学著作的

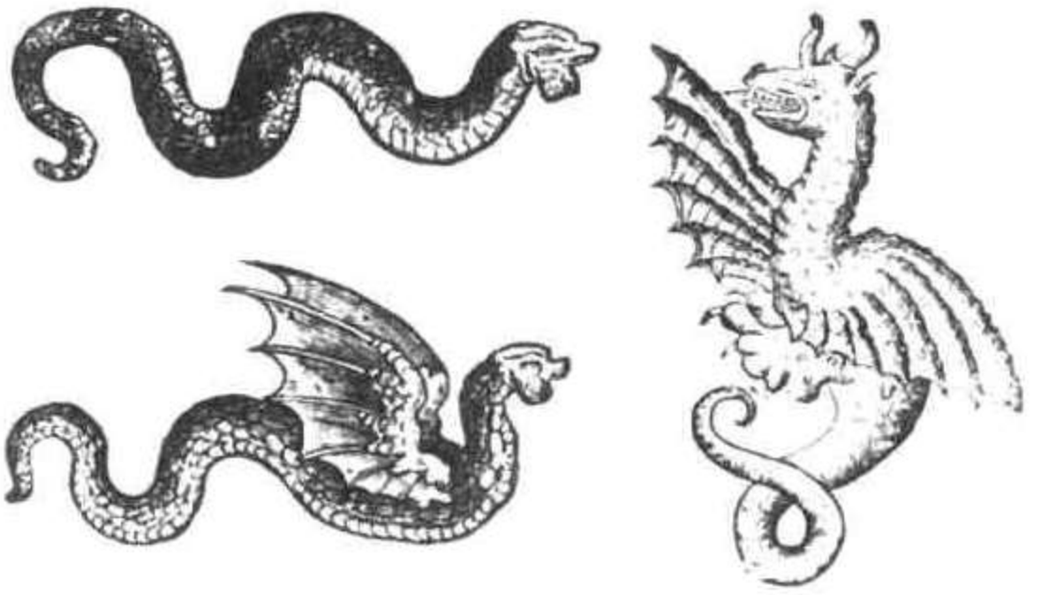


图 12－3　龙　引自同图 12－1

书本。普林尼在他那本日益普及的《自然史》中列举了许多奇怪的生物。后来的作家继续地把这些神奇的怪兽放在再版的自然史中。旅行者甚至还希望能亲眼看到那些“怪人”，例如：在前额的中央长着一只眼睛的“单眼人”，同一个身体却具有两种性别的安得罗格尼 Androgeni，没有嘴而靠香气维持生命的奥斯图米 Ostomi。在普林尼所描述的那些怪兽中，还有吐火女怪，它长着狮子的脑袋、山羊的身体和蟒蛇的尾巴。

在中世纪，由于把动物的故事用于道德说教，自然史中以讹传讹的情况更为普遍。圣希尔德加德 St. Hildegard 1098－1179 修女在她的一本医学书《病因与治疗》中，用《创世纪》的思想作指导，对她书中的动植物进行了分类。由于她认为鲸是鱼类中第一位的动物，因此她的著作包含着当时很普遍的错误，倒退到了比亚里士多德分类工作还要低的水平。甚至连十六世纪最伟大的“百科全书派的博物学家”格斯纳在他的五卷《动物史》中也写进了许多可疑动物的故事。[4] 尽

管他有时也把比较类似的动物排在一起，但总的来说，他是按照动物名称的字母顺序来排列的。在他的书中，动物按照字母的先后顺序不加区别地混杂在一起。照格斯纳看来，极乐鸟飞得那样高，它是不需要脚的，由于没有适于作巢的地方，雌鸟不得不把蛋下在雄鸟背上的一个洞中。“树鹅”是另一种奇怪的鸟，它像水果一样在树上长大。有时候，他对自己著作中的一些动物也表示怀疑，但显然他还是克制不住自己，把蛇怪写进了书内。蛇怪是种蜥蜴状的怪物，它由蛇从公鸡生的蛋中孵出。格斯纳对每一种动物都描述了它的习性、行为、捕捉的方法，以及作为食物或药物的用途。书中还有许多有趣的插图。他还计划写一部庞大的《植物史》，但不幸得很，书还没来得及写出来他就去世了。1564 年，一场流行性

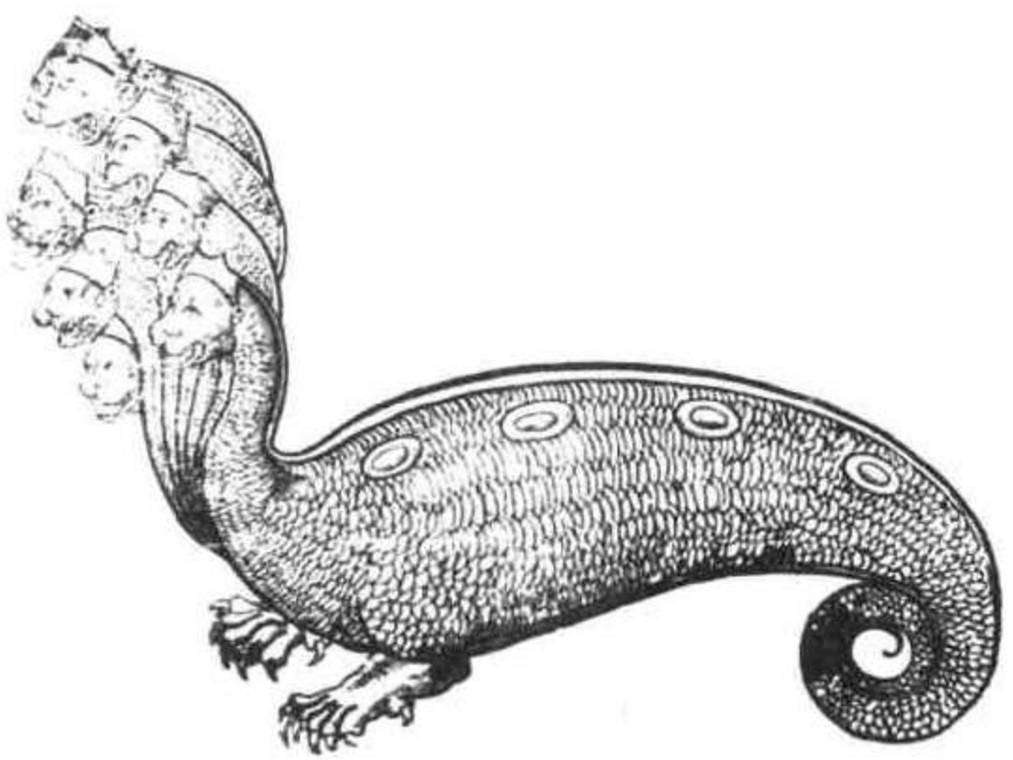


图 12－4　九头蛇　引自同图 12－1

瘟疫袭击了苏黎士。格斯纳——这个城市的主要医生也病倒了。当第二年瘟疫再度流行时，他终于离开了人间。其他许多博物学家继续了这个工作，他们描述了植物的各种特点并进行了分类。大多数草药书仅仅按照植物名称的字母顺序，或者按照它与人类关系的相对重要性来编排植物的次序，但是也有一些植物学家试图按照各种植物总的类同之处或按照特殊器官的特征来分类排列。第一个把物种 species 作为分类的单位，建立了适合于动物和植物分类系统的博物学家是雷 J. Ray。在建立近代分类学工作中他的贡献仅次于林耐。

约翰·雷 John Ray 1627 - 1705

雷年轻时体弱多病，经常自己配几味草药来进行治疗。他母亲是当地的一个草药医生，也许就是她激起了雷对研究植物在医学上用处的兴趣。雷曾被任命为神父，在许多大学里担任过职务，但在查理二世时，由于拒绝在"统一法规"Act of Uniformity 上签名而失去职务。在后来持续的贫困岁月中，他在苏格兰、荷兰、德国、意大利和法国研究自然史，生活极其艰难。他的著作内容广博，形式多样，包括道德格言、神学小品文、名著手册以及论述民间传说和自然科学的论文。

在《普通植物史》一书中，雷总结了当时所知道的植物学知识。怀着一颗虔诚的心，开始进行他想完成亚当的给动植物命名的未竟任务的工作。但他的工作则远为复杂。后来进而认为对生物的形态、行为、特点，以及与周围环境的相互作用的描述，必须和简单的拟人化的目的论观点相协调。因此还包括了描述形态、分类、解释生物体形态和机能的意义等内容。在自然界中，雷寻找到了和上帝自己的设计相称的秩序和目的。这些观点在雷的很有影响的著作《上帝在创世中的智慧》1691 一书中得到了发展。按照这本相当普及的著作所断言，科学和神学并不总是对立的。从雷的《上帝的智慧》

的出版到1859年达尔文《物种起源》的发表是"自然神学"的繁盛时期。科学家和牧师都相信，对自然，即对上帝这部"包罗万象的和公开的手稿"进行的研究，其结果总是和上帝的书面信息——《圣经》相符合的。

在自然界中，雷发现了一个由上帝创造的完善而稳定不变的世界；但是在他著作的描述中，宗教信仰却很少干扰其工作的客观性。由于把物种当作分类的基本单位，所以在当时他能最透澈而且最有远见地分析物种的概念。他认为通过种子可以产生相同后代的植物应被归为一个种，即定义一个物种，必须以繁殖试验为基础。1686年他写道——

> 经过长期而大量的观察后，我相信在确定一个物种时，除了应该把通过种子繁殖而使之永远延续的特点作为标准外，没有其它更合适的标准。因此不管一个个体或一个物种发生了什么样变化，如果它们是由同一棵植物或同样植物的种子发芽生长起来的，那么这些变化只能称做是偶然的变异而不能作为区分另一个物种的标志。[5]

不重要的变化不应成为鉴定种的基础。例如，花的颜色不同就好像小牛的颜色不同一样，决不能成为不同种的标志。植物颜色的变化可以通过无性繁殖的方法，通过插枝保持下去，但不能通过种子保持下去。

由于上帝已经把自然界中生物的所有等级都填满了，因此在生物种类之间不会有巨大的空缺。仔细的研究会发现有一些中间类型，并能像上帝所希望的那样把它们填入自然等级之间。雷声明，由于上帝完成了创造新物种的工作以后，在第七天就休息了，因此物种的数目从此不变。可是，雷并没有把物种的不变性看成是绝对的。他观察到至少植物的种会因

为种子的“退化”而发生变化。雷在书中举了这种现象的例子，例如叶甘蓝是由花椰菜的种子长成的。他的书中还记载了一些民间的关于栽培谷物退化成杂草的传说，如麦子退化成黑麦草属的植物，玉米退化成另一种杂草等等。因此尽管所有的物种都是原来上帝创造的成对个体的后代，但在类型上还是具有某些可变性的，物种的性状并不绝对固定不变。

自然神学曾断言，上帝总要保持它所创造的全部物种的。尽管个体的灭亡是经常的事，而物种绝灭则不可能发生。因此，雷对显示绝种可能性的化石感到迷惑不解。尽管动植物的化石表明在地球上曾经存在过非常古老的时代，雷却相信人类是上帝最后的创造物，并以此来安慰自己。

在神学家们的同意下，对地球和地球上生物的自然史的研究普遍起来。自然神学允许有一种了解上帝的新方法。人们逐渐从“研究圣经”过渡到“研究田野和溪流”，这种过渡对许多人都富有吸引力。研究田园和大自然有许多愉快的野外工作条件，它既不要进行绞尽脑汁的训练，又不要学习古代语言，也不需要昂贵的工具，而自然界提出的问题却是令人
348 振奋的。对自然的研究可以显示出上帝的创造显然是很仔细地考虑并很有技巧地完成的，而且，如果考虑到在这样短促的时间中完成了，便更显得上帝的伟大。

雷和林耐工作之间的关系不是那么容易理解。有人认为雷的工作“远远不如林耐”[6]，而雷的传记作者雷汶 C. Reven 却觉得，对于科学家的真正工作来说，雷比林耐有着更为真实的理解。林耐把分类学和命名法作为植物学的基本内容，从而把科学限制在系统分类学中了。[7]

由于雷在宗教上和政治上的困惑，贫穷和过于谨慎以及他不合潮流地坚持用拉丁语而不用本国语的习惯，他在历史上的地位注定要为林耐所掩盖。然而如果雷的观点得到进一

步的发展它就可能导致建立分类的自然系统，这个系统将会产生一个比林耐的系统更适合于进化观点的发展分类学。

林耐 Carl Linnaeus 1707－1778

林耐是一个植物学家、昆虫学家、动物学家、医生和矿物学家，其中，最主要的，他是现代分类学的创始人。对林耐来说，生物学的任务是完成亚当的未竟之业：给动植物命名，潜心体会上帝的杰作，并对他的创造大业表示钦佩。林耐的精力、能力和性格都非常适合于那个时代的智力活动特点。各种实物、标本和种子，从世界各地，甚至通过海上的封锁送到林耐手中。许多业余科学家的最大快乐就是让林耐用他们自己名字的拉丁文译名来命名他们所发现的新种。

林耐共口述了四部自传。虽然每部自传都描述了他一生的不同方面，但总是很清楚地表现出他是一个非常敏感、容易激动的人。毫无疑问，他确实是在一个果园中长大的。查阅他的家谱可以追溯到一棵树上。他父亲是个农民，以他家附近的一棵菩提树 Linden tree 作为自己的姓 Linnaeus。这棵树由于活的岁月之长和体积之大，几乎所有的当地人都认为这棵树是很神圣的。作为这个大家庭的长子，林耐像父亲一样具有对植物学和自然科学的兴趣，但他却对上学读书感到厌恶。他认为传统的学习没有益处。他的老师们大都很粗野和残暴，然而他的物理老师却用博物学家和医生的书籍鼓励他好好学习，极力主张他去学习医学，而不要去学习神学、做教士。其他的老师则建议他的父亲不要再浪费钱财让他上学，因为他不可能学会任何东西，不如让他去学做裁缝或木匠。然而他却跑到乌普萨拉 Upssala 的一所大学去继续读书。在那里，他的贫穷和体弱迫使他不断地与粘膜炎、坏血病、牙痛、头痛、风湿病、痛风、结石病以及饥饿作斗争。

1732 年，林耐获得了一个良好的机会到拉普兰 Lapland

图 12－5　穿着拉普人服装的林耐　引自 H. Goerke《林耐》由 D. Lindley 译自德文版　1973

图 12－6　林耐　引自同图 12－5

去进行一次范围广大的野外考察，搜集自然科学的资料。拉 349
普兰是个有四千六百英里范围的未曾开发的荒凉地方。他尽力节约，买了一把测量尺、望远镜、放大镜、刀、纸和干燥植物的设备，总共花了约一百块钱。在这次野外考察中，他不仅获得了自然科学的资料，还收集了人类学方面的材料，并遇见了未来的妻子，那位耐心等待他的毛雷尔斯 Sara－Lisa

Moraeus。他们两个订婚八年以后才结婚，因为他未来的岳父在他没成为一个医生以前，不同意他们结婚。由于在瑞典没有医学教育课程，林耐到荷兰的哈特维奇克 Harderwijk 大学去读书。显然，对他来说医科学校的课程不很困难，在几个月之后，他便获得了医生的资格。

350 比得到行医执照更为重要的是，林耐在 1735 年出版了《自然系统》第一版。此书立刻给他带来巨大的声望，并且为他成为物种鉴定人的成功生涯铺平了道路。回到瑞典后，荣誉接踵而来，他还被聘请到一个大学执教。然而他却抱怨对他的赏识和重视使他不能进行新的考察。而实际上，作为国家的骄傲，他是这样的有价值，不能再亲身去冒任何风险了。许多年轻的学生为他去探险，有些就此牺牲了。林耐说，“许多由于我而导致他们出去的人死了，他们的死只是加速了我的衰老，我又得到些什么呢？”“一些干枯的枝叶，外加无穷尽的忧虑、不安和烦恼。”贫困和过度工作削弱了他的健康。1770 年后，在一连串疾病的袭击下，他身体瘫痪并且丧失了智力。他于 1778 年逝世，在安葬时，他得到了只有皇族才能获得的全部荣誉。他死后，在他所搜集材料的所有权问题上发生了争论。对瑞典来说是不幸的，因为他的搜集物已卖给了一个英国人。据说瑞典曾派了一艘军舰企图把它追回来，但英国船逃得太快，瑞典人未能追上。[8]

351 林耐在二十五岁时就为他一生的工作确定了基本的原则。在以后的年代里他的著作经常修订，他的观点也有所发展和改变。在他著作的不同版本中对物种的论述是不同的。然而许多研究林耐的评论家只摘引了其中支持他们自己观点的片言只语，似乎林耐从来没有改变过自己的观点。林耐本人是很深刻地认识到他的系统不是“自然的”，但他强调指出了这个系统具有不可否认的优点：它是切实可行的，而且

使用起来很方便。植物和动物被归为种、属、目、纲和界等不同的分类级别。由林耐所标准化了的双名法成了公认的动植物命名法。

在林耐看来，对生物准确地命名确实是科学的基础。他有名的《自然系统》一书，其完整的题目应该在“自然系统”后面还要加上“即在大自然中的三个界，可以系统地分成纲、目、属和种”。就像负担起了亚当的任务——给事物起名字一样，林耐还接过了亚里士多德在《动物史》中所担负的重任，即按其目前存在着的情况来了解种种生物。他写道：“知识的第一步，就是要了解事物本身。这意味着对客观事物要具有确切的理解；通过有条理的分类和确切的命名，我们可以区分并认识客观物体；……分类和命名是科学的基础。”他最出色的工作，毫无疑问包括对植物学的研究。在这里，可以再次看到他把科学 的基础看做是“识别植物，系统地命名，包括属名和种名”。[9]

林耐感到他最重要的工作是研究了植物的生殖过程，这个研究“揭示了造物主真正的足迹”。对于许多今天看来是平淡枯燥，丝毫没有煽动性的内容，林耐当时却沉醉于用诗一般的语言来加以描述。例如，“植物的爱情和婚礼，用花瓣铺成的新娘的床”。[10] 对植物性别的描述使用了只有在描述人类时才使用的语言，如“纯洁的婚姻”和“通奸”。林耐把植物按照雄蕊的数目和特征分成了二十四个纲。这些纲再按照雄蕊的数目和特征分成目。因此，在分类时应特别注意植物的繁殖器官及其有性生活。

有些人对林耐分类学的评价过于苛刻，似乎要“在哲学和植物学领域内消灭掉这个年轻科学家”。[11] 在一个时期内，林耐由于行医繁忙，几乎放弃了植物学。他那包含了对植物有性状态描写的分类方法也被认为是令人震惊和不合适

的。尤其是用来教育年轻人时他对植物拟人化的分类使得描述这些纯洁花朵的故事似乎十分有伤风化。在《植物的爱情》一书中，伊拉兹马斯·达尔文 E. Darwin 使林耐暗指的关于乱交、婚姻、通奸等等的色情描述更为露骨。

林耐在植物学方面的工作是最有名望的，同时，他对动物学也做出了有益的贡献，包括把双名法应用于动物学，也
352 包括通过他的朋友、助手和学生对动物学的科学所带来的巨大的影响。在第一版的《自然系统》1735 一书中，他悲叹动物学发展的低级状况时说："在动物学这个自然史最高贵的部分上的工作，比起其它两个部分来，要少得多了。"因为"动物是造物主最高级和最完美的创造物"，[12] 这种状况更是显得非常不幸。作为一个动物学家，林耐要比作为一个植物学家差一些。不幸的是他失去了他的同事、动物学家、他的共同实验者阿特底 Artedi，这个年轻人在某个晚上掉进河沟淹死了，死时仅三十岁。

林耐被人们称做是一个骄傲自大、非常自信的人，他写作的口气就像上帝创世时他个人也在场似的。[13] 但是当分类学逐渐变得主张自然界的稳定性和不变性的时候，林耐在他的一生中曾谨慎地对此产生过怀疑，并且还在给一个朋友的信中，谈到过关于保守的宗教权威，这些权威为了要坚持自己的错误观点，可以剥夺别人的工作权利。当时教规的生物学知识认为生命形式的进化是不可能的，因为所有的物种都是由上帝创造的固定的统一体。在他的《植物的纲》1738 一书中，林耐声明"物种的数目和上帝当初创造出的各种形式的数目是相同的"。因此在他漫长生涯的早期，林耐显然相信物种是不变的观念，他丝毫不会赞同进化论的推测。于 1735 年出版的《自然系统》一书中，在通过对三个不同的界的观察，他的第四个论点就是所有的物种都是上帝所创造，自然界中

没有新种——

(1)由于不存在新种；

(2)由于一种生物总是产生与其同类的生物；

(3) 由于每种物种中的每个个体总是其后代的开始，因此必须把这些祖先的不变性归于某个全能全知的神，这个神就叫做上帝，他的工作就是创造世界万事万物。这是被每个有生命个体的机制、原理、定律、体质和感觉所证明了的。

他的第一个论点是检验生殖的过程，这种检验同样导致物种就是这样形成和固定的结论——

1. 如果我们来观察上帝所创造的物种，那么对任何一个人来说都会得到更充分的证据：每个生物体都是从一个卵中产生的；而从每个卵中所产生出的都是一个和亲代极其相似的后代。因此现今不会产生新种。

繁殖只是增加了个体的数量，但繁殖并没有增加物种的数目。

2. 通过繁殖，个体数是成倍地增加了。因此现在每 353
种物种的个体数都比上帝刚创造出来时的数目多得多。[14]

由于林耐的工作主要是在植物上，而植物的变种对每一种特定的植物来说，都很容易被发现和鉴别。奇怪的是林耐竟然对有机体的变种很少予以重视。林耐认为“原始的种”

archetype 才是衡量物种的最重要标准，而那些变种仅仅是原始种的影子。这种观点看来是反映了林耐也受到了前面讨论过的古希腊物种观点的影响，而现在又与基督上帝的自然神学混在一起了。

林耐是按照一个严格的形态学系统来对植物进行分类的。他改变了分类的方法，现在被称为是类型学的物种概念。但是对于这个概念，人们很快就产生了疑问。科尔罗伊德 J. Koelreuter 1733 - 1806 就证明了植物能够杂交。在《植物系统》1774 一书中，可以发现林耐思想上的一个改变——

> 让我们假定神圣的上帝创世时是从简单到复杂，从少到多地进行的。同样，上帝在创造植物界时，创造了如同自然的"目"那样多的植物。创造了这些植物的"目"以后，是上帝自己混杂了这些"目"，由此，创造出今天存在的植物"属"。
>
> 然后，大自然把这些植物"属"在它们自己之间由两个亲本进行杂交，繁殖、增生，靠着花的结构不变，造成尽可能多的现存的"种"。而那些几乎不育的杂种则不包括在这些"种"的数目之中了，它们也由同样的方式或同样的亲本而产生。[16]

在这里，林耐应用了把非正统的观点扮装成是一种文字游戏的老方法，承认了物种的可变性。

各种各样的著作者试图通过仔细的检查使林耐从一个严格的反进化者和令人厌烦的分类学家的名声中摆脱出来。在他著作中找到的证据表明，林耐确有一系列的异端思想，只是因为不愿触犯当时势力强大的教会利益，这些思想才受到压制而不是明确地表现出来。当林耐说，"任何的属都

是自然界天生的，刚被上帝创造出来时就是那样的”，这在逻辑上即意味着物种可能有个相似的起源。然而，以后林耐则论述了某些物种看起来是起源于别的物种的。林耐注意到在他那万紫千红的花园中，会突然自发地产生一些变种或者“不寻常”的植物，这些植物都是从普通的植物中衍生出来的。他发现，上帝创造的真正的物种与花匠和饲养动物的人 354
都知道的变种之间，常常有一些显著的区别，这些差别使他感到迷惑难解。再者，他后来在再版的《自然系统》中，甚至删除了以前的那种不会产生新种的论点。但即使如此，他仍然认为这些变种毕竟是不重要的，它们由气候和环境条件的影响所造成。

从林耐 1747 年给他的亲密朋友格默林 J. C. Gmelin 的信中，可以看出他并不愿意遭到教士们的非难。他觉得在已经出版了的著作中，他的思想是受到限制和约束的，因为他要避免触犯路德教和正统基督教的教士们，而这些人都是掌握了“所有学术中心的命运”的。林耐也许并不像他那些缺乏创造性的门徒那样固执、缺乏想像力和只相信自己。[16]

三　对进化论的推测

科学史家们已经像某些判断不正确的蝴蝶收集家狂热地追求一种稀有的变种一样，以极大的热情尽量收集着达尔文先驱者们的种种材料。因此很难指出关于进化论的讨论究竟从何时开始。如我们已知道的，在亚里士多德以前的希腊，自然哲学家们已大胆地提出了关于进化的设想。他们认为人类是自然界发展中的一部分。一张不完全的进化论者的名单至少应包括：希腊的阿那克西曼德和恩培多克勒，法国的马耶 B. de Maillet、布丰、拉马克、圣提雷尔 E. G. St – Hilaire 和

莫泊丢 Maupertuis，英国的伊拉兹马斯·达尔文，韦尔 W. C. Well、普里查德 J. C. Prichard、劳伦斯 W. Lawrence、马修 P. Matthw、钱伯斯 R. Chambers 和华莱士 A. R. Wallace。其中有些人是大家熟知的，有些人则被淘汰，他们的默默无闻是理所当然的。

就像应该注意到标志着进化论发展的具有远见卓识的思想闪光一样，我们也应注意进化论发展中的困难。为此，我们应该大致地分析一下达尔文的先驱者们的工作。首先从法国的著作者马耶说起。

马耶 Benoit de Maillet 1656 - 1738

1748 年，一本有争议的书，题为《泰利姆 Telliamed：或一个印度哲学家与一个法国传教士关于海洋的缩小、陆地的形成以及人和动物的起源等问题的谈话》首次问世了。它的著者马耶早在出版前十年就已逝世。马耶是一个外交官和旅行家。他对古生物学和神学颇感兴趣，但并不是一个真正的科学家。他在生前，尽管不让这本书出版，但却仍然用一位叫泰利姆的虚构的外国哲人来掩护自己的异教徒观点。在书中，这个异教徒其名字 Telliamed 是按著者的名字 de Maillet 倒拼而成就可以安全地表达他的异教徒的、或非正统基督教的观点。这个异教徒的对话者，即那个可尊敬但却好奇的法国
355 传教士，知道他自己的基督教信仰是决不会允许他持有这种观点的。在法国和英国，这本书流传很广，它给许多不能读纯科学著作的人带来了关于宇宙和有机体进化的理论。

马耶试图把宇宙的进化和生物学上的进化联系在一个无所不包的宇宙论中，这种理论使人想起苏格拉底以前的希腊。在古老的宇宙论中，世界由于偶然的因素处在永恒的创造和毁灭的循环中。对这个理论来说，海洋是很重要的，它既是使地球的地壳发生变化的动因，又是生命的起源地。根据

阿那克西曼德的理论，所有的陆地动物都从那些一直生活在海洋中的生物演变而来。生物的发展只能在有利的外界条件下进行，并随着周围外界条件的改变而形成它们的适应性。随着海洋的退缩，生物体适应了这种外界条件的变化，直到它们终于进化到能在陆地上生活为止。从这里发展出许多我们熟悉的陆地生物。马耶认为"生命的种子"是新种起源的出发点。他还认为——

> 露出的陆地增加了，树木花草的种类也随着而增加。在第一批山的顶端还没露出水面时，不会有任何东西存在。同样可以认为，随着时间从一个世纪向另一世纪的推移，物种数目也会伴随着海洋的缩小和陆地的扩大而不断增加。[17]

马耶虽然以为物种总在变化着，但他还得面临所观察到物种的稳定性与动物生活和形态迅速变化相矛盾的问题。他采用的是后来更有名的进化论者所使用的解释，即：物种发生变化所经历的时间是那么长，以致人们决不可能直接观察到这种变化。结合在他的理论中的是，新获得的性状可以随着遗传而传递。在此，马耶认识到了化石的真正本质，以及地质地层逐步的沉积作用，这是足以为他大大争光的。他还期望着计算出地球的巨大年龄。

自伽利略以后，已经有大量的材料充分地证明宇宙是处在变化之中。那些曾被认为是永远不可能改变的天堂和不可能毁灭的天体也像地球一样是可变的。像马耶这样有才智的人，大胆地把天也会变化的发现扩展到地球及其有机体的改变概念上。像布丰一样，马耶也被在显微镜下可看到的"有机原子"深深地吸引住了。这些细微的生命个体可能是原始的

细丝或"生命的种子",由它们逐渐发展成了越来越复杂的生
356 物。马耶的理论所展现的并不是一个不断发展的和有不断改进的希望的世界。他认为由于蒸发,海平面仍然以每百年三到四英寸的速度降低着。当所有的水都蒸发完以后,将是一个普遍的火山活动时期,那时整个地球都会燃烧起来,变成一个太阳。

这本充满想像和非正统观点的书对别人产生了强烈的影响,尤其是对居维叶和布丰影响更深。居维叶强烈地反对这样一些观念,而布丰则似乎在自己的著作中坚持了马耶的许多论点。

莫泊丢 Pierre Louis Moreau de Maupertuis 1698 – 1759

莫泊丢被人们认为是那种"极善于系统地阐述光辉的思想,却并不善于用实验来进行验证"[18]类型的科学家。他曾多次走到了一个重大发现的边缘,却又从未把这些思想彻底形成,并对它进行检验,或者赋予它一种能使同时代人信服的形式。然面现代的读者如用现代知识的眼光来看却会被他那清晰而直截了当的论点所吸引。他主要是以数学家著称,尤其是他对曲线性质的研究更为有名,其实他对遗传和物种起源的问题也很感兴趣。他关于进化和遗传的想法并未被人们普遍接受,但他的种族变化理论却被认为是对现代突变理论的光辉预见。莫泊丢从一种简单易行的有效观察中进行了简单的推理,指出了预成论的错误,而这种理论是当时被人们普遍接受的理论之一。

在一本值得注意的小册子《人间的女神》中,莫泊丢指出,"只有作为解剖学家"而"不是形而上学家①",才能解决像生命这样的重大问题。他告诫读者说:"如果我说您曾经是一

① 形而上学家,特指脱离具体科学,用纯思辨的方法研究问题的学者。

条蠕虫，是一个卵，甚至是一种泥土样的东西时，请您不要生气。"[19] 他虽然不是一个很好的实验家，他却赞成通过动物实验来研究生殖问题。只要进一步考察一下卵源论者和精源论者的生殖理论，很快就能看出这两者都有其不足之处。详细地分析一下这方面的历史，会提出这样一个问题：在伟大的哈维提出后成论以后，这类的错误理论怎么还会这样流行呢？莫泊丢认为，哈维只是"把争论搞混乱了"。哈维以后，由于有了强有力的新工具——显微镜，科学家们理应学到更多的东西。但是这个新的工具却把他们更远地引离了正确的生殖理论。按照预成论者的理论，父母双方中只有一方可把遗传特性传给后代。但是，莫泊丢指出了许多与此种观点相矛盾的例子，包括日常生活中常常可以看到的现象。例如，在孩子身上既可以单独发现父母各方的特征，也可以发现同时结合了父母双方的一些特征。尤其是白人和黑人的混血种，更是如此。在动物中，公驴和母马的后代是大家熟知的，在它的身上，明显地体现了双亲性状的结合。这里，由于双亲的差别是如此之大，以致于骡是无生殖能力的。如果后代的特性单在精子或卵子中形成，那怎么能够产生这样一种混合体呢？ 357

在当时，尽管化学理论刚处在萌芽阶段，莫泊丢却假设了化学的亲和力是支配遗传的首要因素。他认为每个物种的精液中都含有许多适合于形成该物种更多新个体的小颗粒。这个推测导致了"身体的每一部分都提供胚芽"的假说。这种观点后来在达尔文的泛生子说中又重复出现了。莫泊丢为他的假设提出了一种可能实行的检验。为什么不试试看在某种动物身上连续好几代地切去身体的某一部分，然后观察这切除部分是否在后代身上逐渐变小了，以至消失了呢？显然，莫泊丢已经预见到了后来魏斯曼进行的实验。把同属于一个变种的动物交配好几代，很可能会在这个变种的基础上

图 12－7　布丰　引自 A. Meyer《胚胎学的诞生》
加利福尼亚斯坦福 斯坦福大学出版社 1939

形成一个新种。像达尔文一样，莫泊丢也认为新的变种是偶然形成的，但他并未严格地排斥天气和食物对此可能具有的影响。因此，赤道地区的高热对形成黑色皮肤的“粒子”比对形成白色皮肤的“粒子”更有利。只要给以足够的时间，进行有选择的婚配就可能逐渐地形成新的巨人或侏儒人种。

莫泊丢关于物种和进化的思想对更为有名的法国科学家和作家布丰有很大的影响。

布丰 Georges Louis Leclerc Comte de Buffon 1707－1788

布丰出生在一个富裕而又有势力的家庭里，他很容易地得到了“一个迷人的美男子”的好名声。年轻时代的一次恋爱波折所引起的决斗迫使他离开了法国。布丰在摆脱了法国1789年革命前的政治和社会制度的僵化影响后，对英国科学家新的实验工作和牛顿的物理学感到非常兴奋，极有兴趣。在伦敦，布丰研究了数学、物理学和植物学。当他最后回到法国时，据说他受到英国习气的深刻影响，以致讲话也带有英国腔。他把牛顿的《流数》和黑尔斯的《植物静力学》译成了文笔优美、饶有趣味的法文，从而促进了把英国的科学传到法国的工作。他的主要兴趣虽然是在物理学方面，但他决心把生物学当作自己的专业领域。他后来获得了一笔很大的遗产，这使他摆脱了为生活而奔波的琐事，能够专心一意地投身于科学。他每天早晨六点便开始工作，但在一天中，总要有两次中断自己的研究，用来梳妆打扮。

1739年，布丰成了法兰西科学院的非正式会员，并被任命为皇家植物园园长。布丰把这个“花园”变成了一个很有价值的研究中心。他工作的结果是出版了一部多卷集的自然史纲要，在当时法国文化对文学趣味的不断增长下，这本书成了一本非常畅销的书。甚至像路易十五这种从来没听说过他对学术有什么好奇心的人，也鼓励布丰进行他的工作。布丰 358
的著作鼓励了许多年轻科学家去学习生物学，而不是去学习物理学或数学。在四十四卷的《自然史》中，布丰描绘了一幅完整的宇宙图画，包括恒星、太阳系到地球，以及地球上的生物界和非生物界。

在内容广博而文笔优美的著作中，布丰巧妙地触及了许多危险的禁区，并在其中隐藏了自己的非正统观点。总的来说，布丰的著作中包括了达尔文所总结起来的理论中所有的要素。但布丰在收集支持进化理论的事实时，却又否认他想

证明这种理论。这或者是因为布丰不知道他这种理论的重要意义;或者是因为他通过向那些如果不知道"创世纪"或正统基督教教义的人指出便可能会导致进化论解释的事实,从而用一种巧妙的手法来掩饰自己的异教倾向。达尔文[20]把布丰称做"在现代第一个以科学精神对待这个物种起源问题的作家……"然而"他的观点在不同的时期动摇不定得这么厉害",这就使得布丰在达尔文的学说争取获得科学界承认的斗争中成了一个非常靠不住的同盟者。

359

布丰的语言尽管很隐晦,但还是引起了保守的科学家和神学家们的怀疑。1751 年 6 月 15 日,巴黎大学神学院的大学特别管理委员会把他叫去,告诉他《自然史》的某些部分与宗教教义相违背,必须收回。这些触犯了教义的部分包括:地球年龄的计算、行星是从太阳衍生出来的观点,以及真理只能从科学中得出的思想。布丰知道教会权威是一贯正确、不会错误的,答应抑制自己的异教倾向至少是在公开的场合。但是,尽管教会和更多的保守思想家们对他不满意,布丰仍继续他的写作。他的谨慎小心和更具有挑衅性的写作风格,使他的著作得到了更大的普及,造成了更广泛的影响。

布丰完全被牛顿派的科学征服了,他努力奋斗着,要把自然规律起支配作用这个概念扩展到地球上一切有生命和无生命的物体上去。看到呈现在他面前的自然界是如此错综复杂、变化万千,他嘲笑林耐的分类学由于过分简单和武断的排列而大为减色。布丰在其思想发展的某一阶段,否认了属和种的真实性,他认为现实很复杂,不是当时的科学所能了解的;属和种仅仅是为了便于人们对这样的现实有个分类的概念而起的名字,它们并不比地图上的经线更真实,因为在自然界中只存在单个的个体。在《自然史》1753 一书中,布丰写道:"只存在单个的个体和成批的个体,即物种。"物种的

概念既是人为的又是有害的。因为即使对分类学来说，也只能通过增加分类等级的数目来达到其较高的真实性；因为“在自然界中，实际上只存在着单个的个体”[21]。布丰这种增加分类等级数就会增加精确性的信念可能来源于牛顿的微积分学。因为当他去牛顿的国家朝圣以后，回到法国时已是一个虔诚的牛顿信徒了。

此后，布丰对繁殖行为的研究使他修改了自己的看法。在骡子的例子上，他看到了检验某些个体是否属于同一物种的实际可用的方法。物种是这样一些动物的组合，它们之间是可以通过杂交来产生能育的后代的，而不会产生不育的杂种。布丰对杂交试验的正确评价使得他关于物种的观点与现代生物学上的概念非常相近。经过关于杂种生育能力的科学实验，布丰相信了物种是自然界中“客观的和基本的事实”，是可以证明的。因此物种可以被定义为：“不依赖于数目和时间的一个整体；一个总是相同的，也总是生活着的整体；一个可以算作为上帝创造物之一的整体，因此也是上帝创造物中的一个单个的单位。”[22]

像林耐一样，开始时布丰也把物种看做是固定不变的，但后来接着进行的研究，逐渐地削弱了他关于物种不变的信念。他深入地钻研了比较解剖学，发现了存在着不完善的、没有用处的和退化的器官。如果所有的物种在创世时就是完善地设计过并且自创世以来从来没有发生过改变的话，那么，这些器官怎么会存在呢？但是，尽管他提供了物种是在改变着的证据，却还是论述说物种是被一些不可逾越的鸿沟所分开的。在某些章节中，布丰好像发现了一种很有用的折衷解释：物种既不是完全可变的，也不是固定不变的，而可假定为它具有多种形式。但是布丰也说过，每种物种都是一种单独的创造物，它的第一个个体就是它后代的模式。某些模棱两

可和相互矛盾的观点反映了布丰谨慎小心的性格，这种性格保护了他以免被指控为异端。

地球，作为一个适合于生物体生存的星球，布丰对它的发展特别感兴趣。这表现在他的两本著作《地球理论》和《自然的世代》中。布丰破除了基于圣经得出的对地球年龄的估计，这个估计把创世纪定在公元前 4004 年，而布丰算来这个时间该在十万年的数量级上。这样一个数字和现代的估计比较起来，当然太短。但在十八世纪，由于它远远地偏离了以前的信念，因此已算是激进的了。任何谈到地质和生物进化程度的理论都和只有六千年历史的界限不相容。然而，布丰却十分含糊其辞地保持了一种表面上的正统观念，他通过传统的手段，把上帝说成是任何一个变化的发动者，从而使他的理论作为一种假定的概念来提出。这样，这个理论就不会与教会所教导的真理相矛盾。为了和圣经保持适当的联系，布丰采取了一种策略，把圣经所说的创世的七天解释为时间长度不确定的七个纪元。在他的解释中，地球的起源标志着第一个纪元。布丰认为地球和其它行星是在太阳和彗星碰撞以后形成的。经过了三千年的旋转和冷却，炽热的气体逐渐形成了一个球体。在第二个纪元里，地球变硬，凝结成一团固体，这个过程约需三万年。在第三个纪元里，围绕着地球的蒸气层逐渐变成了普遍的海洋。在这个长达二万五千年的时期中，潮水对地球的形成起了重大的作用。地质结构的分层特性以及在山上找到的海洋贝壳化石，都可以作为海洋曾是如此广泛地分布着的证据。在第四纪元的一万年中，由于海水逐渐平静下来，火山的活动成为产生影响的主要因素。当冷却的陆地表面一旦显露出来后，植物就开始生长了。第五纪元持续了约五千年。在这期间陆地动物开始出现。在布丰的理论中，所有的大陆原先都是相互联接着的。大象和其它的

热带动物到处游荡，慢慢地穿过了现在的比较北面和寒冷的地区。在第六纪元中，各大陆互相分离，经过五千年左右的时间，形成了今天大陆在地球上的形状和位置。最后，第七纪元，人类出现了。人的种族之间的差异是由于生活在不同的气候、土壤条件中而形成的，也是不同的思想、生活方式和兴趣爱好所导致的结果。现代动物的新变种则来自人工选择。在自然界，新的变种由迁徙和隔离而造成。尽管对动植物分类的研究提出了它们都是从同一个祖先"退化"而来，布丰却 361
还是恭恭敬敬地论述说，"所有现存的物种完全是由造物主亲自创造的。"

布丰关于地球的理论主要是推测性的，他还确实想通过实验来估计不同纪元的长度。他把用不同材料(如：铁、铜、黄铜、花岗岩、石灰等)制成的同样大小的球放在铁匠的炉子中加热，然后放在金属网的支架上。他用一个表来计算这些球体冷却到可以用手摸而不被烫伤所需要的时间。他借助于自己极好的计算能力，算出了具有一定体积和组成的行星，从炽热状态冷却到可以让生物出现所需要的时间。和用现代方法计算出的地球年龄约为四十亿年相比，布丰的计算当然是很幼稚的。但是对于《自然的世代》，我们不能用现代科学的标准来进行评价，而应该与厄谢尔大主教 Archbishop Usher 计算出的创世纪发生在公元前 4004 年——这个曾被十七世纪英国官方圣经奉若神明的高明计算——相比较。

布丰以他容易引起争论的推测和优美的文笔，传播了新的观念，激起了人们去作进一步的科学研究。即使在并非他专长的领域中，他也鼓励别人去探索。他虽然不是一个解剖学家，但他认识到研究比较解剖学有很大的好处，并且在多本顿 L. J. M. Daubenton 1716－1799 的帮助下，写成了《自然史》中的比较解剖学部分。正是布丰的精神鼓舞了居维叶。比

夏和拉马克也是布丰的追随者。布丰试图把人也当作自然的一个部分，认为人也是可以通过自然科学的方法来研究的。他认识到，许多身体方面的特点为人和动物所共同具有。但人的智力则是其它许多动物无法相比的。布丰的"欧洲中心"思想贬低美洲的土著动物和人，这一点曾激起了杰斐逊的反驳。在《来自弗吉尼亚的记录》一书中，杰斐逊列出了特殊的比较表格来表明美洲本地哺乳动物在体积上的优势。他记录了"在欧洲有十八种特殊的四足兽类，"但在美洲有七十四种。有决定意义的是，"在二十六种共同的兽类中，有七种是美洲的大些，七种体积相同，还有十二种没有充分地比较过。"为了证明布丰关于美洲哺乳动物在体积上是退化的这一见解的错误，杰斐逊克服了许多困难，花了大量钱弄到了一副七英尺长的驼鹿骨架和美洲驯鹿、麋以及鹿的骨头，并把它们送到巴黎去证明"美洲有许多巨大的东西"。[23]

1788 年，即林耐死后十周年，布丰去世了。次年，正当恐怖时期，他的儿子上了断头台，这位科学家的陵墓和纪念碑遭到了革命者的亵渎。进化的哲学由一个曾受到过布丰资助的人——拉马克继承了下来并发展到一个新的阶段。

362 **拉马克** Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet Chavalier de Lamarck 1744 – 1829

到了十八和十九世纪交替之际，科学家们已做好准备，可以比布丰更持久更公开地促进物种变化观点的发展。拉马克是被人们记得最牢的，但却很少有人认真读过他的著作，就好像在进化论思想发展的戏剧中，他是最独特却遭到最莫名其妙的诽谤的演员中的一个。

拉马克家中有十一个孩子，他年龄最小。但因他的哥哥们相继去世，最后他竟成了家中唯一的孩子。不幸的是，并没有大量财富遗留给他。作为一个没有什么财产可以继承的年

轻人，他违背自己心愿，被送入一个耶稣会学校去学习当教士。父亲在世时，他在这种事情上并没有选择权。十六岁时，父亲去世了，他得到了一笔钱。这笔钱刚够买一匹老马。他抛弃了那个几乎是强加给他的专业，骑上这匹老马，在七年战争的末期到德国去参加了军队。根据他儿子的描写也许有所夸大，在一次战役中，他所在连队的所有军官都已阵亡，他担当起指挥的任务。由于作战非常勇敢，战场司令官很快就提拔他。但才到二十二岁时，因颈部淋巴腺慢性发炎据推测，这个病是别的士兵捧着他的头，把他抬起来时引起的，他被迫退伍。退伍后，他来到了巴黎。在这里，只靠着一些抚恤金、著作的稿费以及在一所银行中当个小职员的收入度日。但在这段时期中他却广泛地学习了医学、植物学和音乐。同时，还遇到了卢梭 Rousseau。他俩经常在一起长时间地边散步边讨论自然史。拉马克关于获得性状遗传的某些思想的形成或许与卢梭的影响有关。

拉马克对自然科学的兴趣出自对地中海沿岸植物区系的研究。1778 年，他出版了《法国植物志》。这是一部值得赞扬的鉴定植物种的索引，它被再版了多次。对拉马克的这个研究留下深刻印象的布丰，为拉马克的科学生涯铺平了道路。拉马克成了国王的自然历史博物馆植物部的助理员，并到欧洲各地广泛地旅行，有时则和布丰的儿子同行，一起去研究和收集植物标本。当他保护人的家庭在法国大革命中遭到毁灭时，他却被国民议会提升为动物学教授。当时，皇家花园改名为植物园。在改组国家科学院时，国民议会增加了教授职位数，其中包括两个动物学教授的名额。由于当时缺乏更合适的候选人，便由拉马克和圣提雷尔来担任。这两个人，一个是植物学家，一个是矿物学家，他们即刻便成了临时凑成的动物学家。他们把整个动物界分成两部分。圣提雷尔讲

脊椎动物部分，拉马克则把自己的注意力转到了无脊椎动物
363 方面。当时拉马克已年近五十，他还是改行成了一个动物学家，成为一个领域的开拓者。他是一位卓有成就的科学家，但直到生命的结束，他仍然十分谦虚。同时，他一直过着贫困而孤独的生活。他结过四次婚，但四个妻子都相继去世，他也看着自己的大部分孩子离开了人世。老年时，他双目失明，于1829年12月死于巴黎。他去世后，被埋葬在一个贫民的墓地中，遗骨被扔进了一条沟里，和那些无名的不幸者混在一起。[24]

拉马克在许多方面被看做是"古怪的"科学家的典型。他的许多兴趣被看做是古怪得近似于疯狂。他那预测天气的癖好就是一例。同时代的人认为，拉马克主要是个系统分类学家。尽管分类工作极有价值，他却希望人们不要因这种枯燥无味、单调沉闷的事而纪念他。直到达尔文的《物种起源》出版后，他那关于物种变化的观点还一直没引起人们重视，或者被认为是可笑的东西。居维叶是拉马克的同事，他更年轻，而且取得了更大的成功。在他先前的保护者拉马克逝世时，居维叶发表了那些恶毒的"颂词"来嘲笑拉马克，从面有效地掩盖了拉马克的工作成就。赖尔 C. Lyell 却很公正地在十九世纪三十年代把拉马克的看法译成了英文，尽管他并不赞成拉马克的结论。很少有人曾不辞辛劳地寻找过拉马克关于演变问题的原始解释。他们由于依靠了错误的第二手材料，把拉马克造成了一个可笑的形象。

达尔文赞扬拉马克是"第一个在这个问题关于物种的起源上得出结论的人。这个结论激起了人们极大的注意。"事实上，拉马克的确"在引起人们注意有机界变化的可能性问题上做出了杰出贡献。在他看来，有机界的变化就像无机界的变化一样，都是自然规律作用的结果，面不是奇迹的干预造

成的”。达尔文承认他并没有读过拉马克的原著，他是从圣提雷尔的儿子写的《生命》一书中知道这个情况的。达尔文进一步就贬低拉马克工作的重要性了。他写道：“说来奇怪，我的祖父伊拉兹马斯·达尔文医生在他的《动物学》一书中就曾充分地预见到拉马克的观点及其错误的原因。……”[25] 然而，在确定哪些人在达尔文之前曾做过一些初步工作时，海克尔和巴特勒 S. Butler 都曾把拉马克看成是进化理论的重要先驱者。

由于拉马克在生命的后期才成为一个动物学家，而且是一个自学成才，并没有受过多少系统科学训练的科学家；他沉迷的领域又是如此广泛，因此他在任何特殊领域中的研究必然缺少深度。他大多数光辉的思想都是混杂在他那大量模糊而愚蠢的怪念头中的凤毛麟角。这在他的《物理学和自然史研究报告：不依赖任何理论基础而作出的推论》一书中表现得最为突出。他企图在物理学、化学和生理学的基础上总结出一个关于“客观存在”的总理论。这样，他就充分地显示出自己的无知。他反对拉瓦锡的理论，坚持的却是与古希腊的化学理论没有多大差别的观念。在评价拉马克时，最好是忽略他闯入物理学和化学领域时的所作所为，而让他仅仅扮演一个生物学家的角色。事实上，是拉马克创造了“生物学”biology 这个词。在无脊椎动物的研究上，他是相当成功的，当他刚开始工作时，这是一些人们还对它们知之甚少的动物。

364

获得性状遗传的思想与拉马克的名字是如此紧密地连在一起，以致于许多人都误认为它是由拉马克所创造的。其实，拉马克只不过是用一种非常古老的关于遗传的假设去解释生物进化的机制而已。他相信随着地球的长期演化，地质和气候的改变对动植物的生活产生了新的影响。在无限长的时间里，物种按照四个进化规律发生着变化。不幸的是，拉马

克关于进化的观点是在 1815 年提出，即他生命的最后阶段口述的，此时，他已年老体弱、双目失明，而且很可能思想也已不敏锐了。在他的早期著作《动物哲学》1809 中，他是用两种因素相辅相成的观点来阐述进化思想的。[28] 第一种是基本的、天生的因素，即生物具有一种朝着增加结构复杂性方向进化的趋势。自然发生产生了最低级的生命——蠕虫和纤毛虫。这些生物生来就具有一种内在的向更高级生物进化的趋势。获得性状遗传是促进生物从简单向复杂进化的第二个因素。如果环境是静止而稳定的，第一个因素就促使着进化过程的发展。当环境改变了，动物就会被迫做出新的努力，从此逐渐地产生结构上的变化。拉马克认为，经常使用或不使用身体的某一部分会相应地引起该部分力量的变化，并且导致该部分体积上相应的增大或减小。这种体积上的变化可应用于肌肉，也许还可应用到某些其它器官上。物种在长时期内使用某些器官获得的特性则通过遗传保持下去。

拉马克在他后来的著作《无脊椎动物学》中，详细地阐述了四条“规律”。其中最重要的也是最被人错误理解的是第二条规律，它表述为：“在动物体内，新器官的产生来自于动物体觉得不断存在的某种新的需要。”在新的环境条件下，动物在生理上有一种对新器官的需要。法语“besoin”常被错误地译成英语“想要”want 或者“想望、希望”desire，而不是译成拉马克本意认为的一种客观“需要”need。拉马克并没提出动物通过它有意识的愿望或要求而引起变化，但是无论是批评他或颂扬他的人对这一点的理解与表达都是错误的。这些人从来也不肯花些功夫去弄清楚什么是拉马克的真正意思。

某些浪漫主义作家和先验论者觉得愿望决定进化这个思想非常鼓舞人心。如埃默森 Emerson 写道——

小虫想要变成人，
沿着一级级形态的旋梯，上升，上升，上升。[27]

拉马克相信，当所有生存着的动物都被发现后，它们可 365
以排成带有某些小分枝的直线状系列。这样的一种排列应该反映出自然界中动物的“自然等级”。尽管发现这个自然等级是动物分类学家的任务，但实际上动、植物学家们使用臆断的分类系统是不得已的。这样的系统是有用的，甚至是必要的。但拉马克坚持分类学家们必须承认他们的工作也具有臆断的性质。真正的“自然等级”将从最低级的单细胞生物排列到最高级的生物——人。如果所有的物种都包括进去，那么邻近两个物种间的细微差别将难以察觉。“自然等级”中的明显的缺失环节就代表着其中尚未被发现的物种。拉马克的自然等级图已经起了和元素周期表相似的作用，周期表上明显的空缺曾引导化学家去发现新的元素。

拉马克暗示了人和猿之间的关系，人虽然和这些“畜生”完全不同，但是如果仅仅从身体结构上来考虑，那么人还是属于哺乳动物的一个科。这个科有六个变种：高加索人、北极人、蒙古种人、亚美利加人、马来人和黑种人。虽然当时人们对那几种巨大的猿类还不很了解，拉马克已推测说人和猿具有共同的起源。他甚至提出了一种方案，在这个方案中，某种猿类为了要看得更远一些而可能学会了一种比较直立的姿势。这种新的姿势可能已经引起了可遗传的结构上的改变。其它的改变和进步可能还会有需要和行为上的改变同时并存。拉马克大胆地开始了他的“对人类的观察”。他断言如果人类和动物的区别只是由于机体组织上的不同，那么“就很容易表明人的特点全都由长期在活动上和习惯上的变化所

造成的，这些活动和习惯是人类采用的，并且为这个物种中的各个体所特有"。[28]

人类和猿类尽管在解剖学上结构相似，但在智力和体质上，人却具有明显的优越性。这种优越性可被解释成在极其长远的年代中，人类对这两种能力的使用不断增长而遗传下来的。通过训练和使用，甚至较高级的猿类进到一个更高级的智力水平这也是可能的。最后拉马克还指出：翻遍历史，很少有人得到了真正的智力，其他的人仍然处于禽兽般的无知状态之中。像笛卡儿、布丰和其他异端思想家一样为了保护自己，拉马克也把自己大胆的观念装扮成一种仅仅是用于争论的游戏或假说，而不是一种应严肃对待的理论。尽管拉马克认为人类可能就是从类人猿中进化而来，但他却软弱无力地得出结论说："这只是一些想法，人和动物是否只有组织结构上的区别，人和动物的起源是否没有什么不同的一些想法。"[29]

366 **圣提雷尔** Etienne Geoffroy Saint－Hilaire 1772－1844

圣提雷尔比拉马克的名气稍小一些，他也是半路改行以后才把精力转到这个高度推测性的理论上来的。他像拉马克一样，也曾被他的父亲强迫去学做传教士。但他被允许把精力和时间花在他自己感兴趣的自然科学、化学和结晶学上，并且成了一个矿物学家。1792 年，他和拉马克一起被任命为动物学教授。他虽然缺乏动物学方面的训练，但在脊椎动物的研究上他还是取得了巨大成功。他曾跟随拿破仑·波拿巴 Napoleon Bonaparte 远征埃及。在那里，他收集了极为令人满意的标本。像拉马克一样，他在职业上也受到居维叶的伤害。但具有讽刺性的是，居维叶去担任教授这一职位却正是圣提雷尔推荐的。

圣提雷尔推理系统中的很大一部分是由于他的自然哲

学观点而形成的。他关于生物学的哲学基础是，他相信存在着一种普通的基本形式。他断言："从哲学上说只有一种动物。"[30] 虽然他在各种类型的动物之间进行了广泛的对比工作，而其中有许多本来是无法予以对比的。但是他的"原型"理论无论对严格的创造论者还是进化论者都可拿来供他们利用，为许多比较解剖学家提供了方便。他的儿子伊西多 Isidore 采用和发展了他的许多观点。很可能拉马克想把古老的上帝创造物的梯子变成活动的楼梯，但在这个楼梯上有这样多的空缺，以致于别的科学家们无法跟着他爬上去。拉马克尽管在无脊椎动物的研究上做了开创性的工作，但却无法找到一条把无脊椎动物和脊椎动物联系起来的通道。圣提雷尔则想在头足纲中发现一种"弯曲的脊椎动物"来填补这个空缺。

按照他儿子的说法，圣提雷尔早在 1795 年就怀疑，现代的物种也许是从一种原始的生物"退化"来的。然而，直到 1828 年，他才公开发表了自己的观点，认为物种并没有固定在原始的形式上。物种的变化归因于生活条件的变化。然而，尽管他对进化的可能性有了这样一种轻微感觉，他却不相信现在的物种也正在发生着变化。

伊拉兹马斯·达尔文 Erasmus Darwin 1731－1802

伊拉兹马斯·达尔文如果单单作为达尔文的祖父和高尔顿 F. Galton 的外祖父，他就可以在生物学的历史上占有一定的地位。但即使从他自己的成就来看，作为一个非常热情，纵然是一个业余的自然哲学家，也足以对此当之无愧了。在他朋友的圈子中充满了像他家庭成员一样的杰出人物。伊拉兹马斯·达尔文终身是个乡村医生，他是"太阴社"的成员，这个团体中有陶工韦奇伍德 J. Wedgewood——达尔文的舅父和岳父、化学家基尔 J. Keir、工程师瓦特 J. Watt，他又把瓦

367 特介绍给另一个朋友，企业家博尔顿 M. Boulton。伊拉兹马斯·达尔文既是一个作家又是一个发明家。他把对人类和自然敏锐的观察变成了关于生命本质的富于创造性的、诗一般的猜想，偶尔这种猜想则是稀奇古怪的。

他的私人生活也像他的作品一样丰富多彩。[31] 他结过两次婚，第一次生了五个孩子，第二次七个，其间还有两个私生女儿。这位可尊敬的家长和他的子孙们一起住在一幢恰如其分地叫做"满堂屋"Full House 的房子里。这个技艺精湛的医生是个胖胖的高个子，脸上有着生天花留下的斑痕。虽然口吃，却很健谈。他曾经从自己发明的马车上摔下来过，因此走路有点颠跛。

伊拉兹马斯·达尔文与他的孙子相比，考虑问题比较缺少条理，但却是更激进的一位思想家。他提出了一种物种变化理论。这种理论认为，所有的生物都是从某个原始的细丝繁衍来的。他的观点发表在《动物学》1794、《植物学》1800、《植物园》1789 和《自然的殿堂或者社会的起源》1803 这几本书中。如果不是由于他孙子的名声，他的著作也许早就被历史遗忘了，但是在当时，这些书也产生了足够的刺激而被列为禁书。

《动物学》一书被译成多种语言。这本书在德国的自然哲学家中特别普及。达尔文曾读过两遍。它对达尔文思想的影响超过了他自己所承认的程度。在阅读第一遍时，达尔文对这本书非常赞赏。但过了十到十五年，他重新读这本书时，"感到非常失望，因为书中猜测所占的比例大大超过了所叙述的事实"。[32] 达尔文一方面贬低他祖父的工作，同时却几乎要控告拉马克剽窃他祖父的观点。达尔文尽管含沙射影地说拉马克曾盗用伊拉兹马斯·达尔文的观点，而事实却更可能是：他们两人都受到布丰物种可变思想的鼓舞，更从动物杂

交和植物杂交的事实中得到启发。伊拉兹马斯·达尔文和拉马克都相信，生物体能通过自己的努力在身体结构上获得各种不同变化，这些变化还可以传给它们的后代。

在《动物学》中，其自然哲学论述的出发点是“精神”和“物质”是自然的基础。“生命”被定义为“应激性”的结果，而“应激性”和哈勒的生理学相符合是一种特殊的力。伊拉兹马斯·达尔文认为，亲代的生活条件能影响它们后代的发展。从家畜中得到的新变种为这种断言提供了证据。

在1859年出版的《物种起源》一书中出现的所有基本思想，在伊拉兹马斯·达尔文的著作中都可以见到，或者至少以萌芽状态存在了。同时他还提出了进一步研究的建议。伊拉兹马斯·达尔文认为，时间范围可以朝后回溯几百万年。他讨论了退化的结构和痕迹器官，认为它们是“进化上的创伤”。在论述变化的机制时，他虽然提到了“生存斗争”和性的选择，但他主要是用“退化”和环境因素的作用来进行解释的。他也注意到了同源的和同功的器官、遗传和疾病以及近亲繁殖的危害。他不像达尔文那样只讨论那些通过尚未了解的机制形成的复杂物种的演变，他大胆地认为所有的生物都从“原始的细丝”衍变而来。通过研究“自然性状的相似性”，我们将会理解“所有的生物都属于来自一个祖先的大家庭”。无穷无尽的生命形式之所以会产生，是因为存在着“这样一种力量，它在应激性、感觉力、意志力和联合性的引导下，总要不断地增加新的部分，出现新的癖好，因此它还具有这样的本领，使生物在先天的活动能力的作用下不断地进行改进，并且通过繁殖把这些改进的东西一代一代地传下去，直至无穷！”虽然在描述生存斗争的存在时，他用了“一个巨大的屠宰场，一个充满战争的世界”这样的话，但他同时也提出在所有的生物中，由于血统形成的亲缘性必然还存在着同

情心。即使是“自命为上帝代理人的老爷式人物……也是从结构和感觉的萌芽中，从胚胎的小点中，从显微镜下才能见到的‘微粒’中发展起来的”。[33]

在十八世纪的知识界中流行着一种观点，这种观点认为无限的进步和有机界的变化都是可能发生的事。拉马克和伊拉兹马斯·达尔文都被这种观点吸引住了。但是法国革命的过火行为和恐怖在人们中引起的害怕心理却抑制住了人们对这样根本性问题的兴趣。人们认为社会和自然的稳定比无穷无尽而又无法预料的变化更符合人们的需要。这时，居维叶，一个由于其权威性的理论和严密的生物组织系统而受到人们赞扬的科学家，出来反对并嘲笑他前辈的进化理论。

居维叶男爵 Georges Leopold Chrétien Frédéric Dagobert Baron Cuvier 1769 – 1832

居维叶是一个杰出的比较解剖学家，古生物学的创始人。他坚定地反对拉马克主义的理论，尤其是反对他的进化学说。虽然居维叶坚持反对物种变化的可能性，但他对比较解剖学的巨大变革使解剖学成了收集资料的有力工具，这些资料在后来成了支持进化论的证据。

居维叶从小就是个神童，他四岁就能读书，十四岁进入斯图加特 Stuttgart 大学，并且由于他奇迹般的记忆和适用于学习的良好训练，很快就受到了重视。他的生物学教授基尔迈耶 K. F. Kielmayer 认为，研究比较解剖学将导致发现所有生物的原型。增进这方面的知识，将会在表现得极其混乱的物种现象中发现有次序的等级。居维叶在十八岁时就成了诺曼底 Normandy 大学的一名助教，那时他便开始进行海洋动物的分类工作。幸运的是他的这些描绘生动的图画给圣提雷尔留下了深刻的印象，于是他在 1795 年被任命为巴黎国家历史博物馆比较解剖学教授的助教。像拉马克和圣提雷尔一

样，他毫无准备而又独当一面地在新的职位上开始了工作。他的职责范围包括训练学医的学生，但他却和盖仑一样，自己还从来没有解剖过一具人的尸体。居维叶可不像他的两个前辈同行，他很快便成了一个富裕而有名望的人，不仅在事业上获得了成功而且成了拿破仑皇帝的宠人。他除了进行研究和教学工作外，还作为教育部的总监参加了改革法国教育制度的活动。在拿破仑和路易·菲利普掌权时，他充分地表现了对科学组织和科学教育的兴趣。作为欧洲所有主要科学协会的成员，他使自己的影响遍及整个大陆。由于他对动物界进行了卓越的研究，他被誉为"第二个亚里士多德"。[34]

居维叶是一个受过良好训练，精力充沛而富有创造性的学者，他撰写了数量惊人的书和科学论文。他对许多不同动物类群的分类关系进行了改革，他最突出的研究是在哺乳类和爬行类的化石方面。在巴黎附近的第三纪地层中，曾发现了非常有趣的化石。为了了解这些化石动物的结构和功能，居维叶学习了关于现代生物的骨学，以便对它们进行比较研究。真正理解动植物化石的本质还是姗姗来迟的事。阿格里科拉 G. B. Agricola 1494－1555 在 1555 年出版的《金属学》中就已使用了"化石" fossil 这个词，它指的是任何一样从地底下挖出来的东西。当时，人们认为，这些与动植物体很相似的东西是自然界游戏的结果，是大自然极其变幻莫测地活动造成的一种艺术品。它是用来娱乐人类而又迷惑人类的。

居维叶在巴黎附近的石灰岩地层中彻底而系统地进行了发掘化石的工作。在那个时候，由于化石数量少而且经常是零碎的，质量也很差。因此要理解化石形态的含意非常困难。绝大多数的化石采集家对生物的结构了解得太少，以致于他们不能确切知道某块特定的骨头是否能相应地代表现存的某种生物。居维叶则具有关于现存生物的形态结构知

识，他把这种知识和认为在器官和其功能之间存在着功能上联系的“相关理论”结合起来，并把它们应用到化石的分析上。正是他的从小块小片的化石复原动物形态和功能的技能、知识，导致了现代古生物学的创立。他那把碎片重新复原成完整动物的能力常常使他的同时代人目瞪口呆，并且清除了围绕着这些使人感到困惑的化石而产生的迷信。例如有一块化石曾被认为是死于诺亚的大洪水之前的人的骨头，居维
370 叶则证明它实际上是一种目前已绝种的巨大蝾螈的遗骸。

居维叶对化石的研究促使他反复考虑地球上变化的实质，探讨过去与现代物种之间的差异，但他并未从中得出物种演变这一必然结论。他把物种定义为“从原初形成的时候开始，使它们在一定的限度内永远存在下去的某种形式。”变种的存在“是物种偶然再细分的结果”。虽然解剖学的研究是他的主要工作，但他认为对物种的定义应该超出形态学的特点，并且应该包括遗传的或者历史的成份。他写道：“由于生殖是确定变种扩展范围的唯一方法，物种应当定义为这样一些个体的再结合，它们中一些个体是其它一些个体的后裔；或者是共同亲体的后裔；或者是另外一些个体的后裔，这些个体与它们的相似程度与它们相互间的相似程度相当。”[35] 他认识到这个定义是严格的，而检验性的交配实验却并不是在任何情况下都能办到的。

在如何认识绝灭的和现存的物种之间在种群上的不连续现象时，居维叶用了“灾变”或“革命”这样的术语来解释动物世界中发生的变化，这些“灾变”或“革命”在史前时期大批地杀死了整个的种群。无论是当地地质地层的物理学上的证据，还是当时法国的政治和社会事件，都能影响居维叶产生这种突然而剧烈转变的概念。在不同的地质地层中，存在着明显的标志线条；在某些地区，地层排列得颠倒和不规则；在

某些地层中，化石特别多。这些现象似乎都证明了曾经发生过生物体的突然死亡和地球表面的迅速变化。后来，人们又发现了被冻结在西伯利亚冰层中的猛犸象，这个发现就成了突然而激烈变化的证据。

各种不同的文明都有关于灾变的传说，尤其是关于在那朦胧的远古时代发生过洪水的传说。十八世纪末，人们已经积累了证据，表明地球具有非常古老的年龄。这么长的时期中，必定发生过多次的创造和毁灭。在《骨化石研究》"关于地球表面发生的革命的论文"一书的前言中，居维叶提出一个有趣的关于灾变的说法，他确认从地质学上说，我们现在生活着的时代是从六千年前开始。为了避免不科学的推测，居维叶把注意力集中在化石和现存生物的比较解剖学上，并且着重注意物种是如何被消灭的。和拉马克及其他进化论者的时间表相比，居维叶所推测的时间是相当短的。他认为人类的骨骼不可能是真正的化石，因为真正的化石必须在最后一次灾变前才能形成。任何一块被怀疑为是人类骨骼的化石都被他解释为偶然地混入真正化石中的现代人的骨骼。然而，尽管居维叶坚定地阻挡进化理论，他在地质学和古生物学上取得的进展却使人们对物种的不变性，甚至对人类起源的古老性都产生了疑问。

钱伯斯 Robert Chambers 1802 – 1871 371

钱伯斯像马耶一样，被认为是属于业余的博物学家。他是一个热情的自学成才的科学爱好者。他把进化理论的各种线索汇集起来，用听上去科学的理论来替代特创论。钱伯斯是《自然创世史上的遗迹》一书的作者，[36] 这是一本遭到恶毒诽谤的书。直到 1884 年他死去多年后人们才知道这本书的真正作者。那时科学家们已能公开地讨论进化问题了，事实上达尔文在钱伯斯逝世的那一年就出版了《人类遗传》。

钱伯斯和他的兄弟威廉 William 都是一开始就对“自然中发生的变异”这个问题产生兴趣的，因为他们兄弟俩都是完全的六指趾，即手指和脚趾都有六个。他们都去做了矫正手术，而钱伯斯的健康恢复得较慢，而且受的痛苦更多。

《遗迹》这本书在今天看来并不显得有多么危险或特别地不虔诚，但在 1844 年初次发表时，却引起了一场很大的风波。当时人们把这本书看做是“邪恶的唯物主义的书。而唯物主义则是一种威胁，它要粉碎一切道德和宗教的基础”。达尔文、华莱士和赫胥黎都仔细地读过这本书。迪斯雷利 Disraeli、林肯 Lincoln、奈廷格尔 F. Nightingale 和科伯 F. Cobbe 也认真地读过它。达尔文的儿子弗郎西斯·达尔文 F. Darwin 注意到他父亲曾仔细地读过《遗迹》一书并在书上作了许多标记。赫胥黎写道：他“所知道的科学知识不会比从钱伯斯的日记中得到的更多。”由于牧师和博物学家们这样猛烈地谴责这本书，反而引起了公众对进化问题空前的兴趣。塞奇威克 A. Sedgwick 说他非常“厌恶、憎恨这本《遗迹》”。他甚至攻击这本书的内容十分愚蠢，它的匿名的作者一定是个女人。其他的人则怀疑艾伯特 Albert 王子就是“遗迹先生”。当科学家和牧师们在竞相污蔑这本书可怜的作者时，公众们却贪婪地从这本书中吸取知识。在十年时间内，这本书再版了十次，并被译成多种外国文字。钱伯斯采取极其谨慎的防范措施隐瞒了原作者的姓名，但在 1845 年时，他再也不能忍受某些人的批评了，他要进行回击。他打算在《“遗迹”作者的解释》一书中保卫自己的观点。[37]

《遗迹》是本科学理论的入门书，它能帮助门外汉了解一切事物的发展问题，其中包括宇宙、植物和动物、人类和社会。钱伯斯虽然是个业余的科学家，但他精通许多学科的一般知识，例如地质学和天文学。在当时，一个职业科学家和业

余爱好者之间的差距并不像日益专业化后那么大。钱伯斯也有一些错误，其中最主要的是出现在关于生物学的讨论中，这是因为他生物学知识的基础特别薄弱。钱伯斯认为宇宙的起源有个过程，并不是一旦被创造出来后就固定不变的，而是“继续变化着，直到目前还在”发展着。宇宙是按照一定的规律在运动，物理学家已为认识这些规律奠定了很好的数学基础。钱伯斯把宇宙和生命的发展看做是一个统一体。他确实相信，自己的论点十分虔诚，它比不断干预论更能增加造物主的光荣。不断干预论认为所有的生物包括从大象到粪甲虫，这些生物的新种，都是上帝的不断干预而形成的。而钱伯斯则认为，上帝是“第一位的原因，所有其它的成份都是第二位的、辅助性的因素。上帝是初始的、全能的意志，其它的规律只不过是上帝的训令……”钱伯斯有点像地质学专家，他把地球的组成及其历史问题处理得很好。他关于化石记录的讨论，预示了许多达尔文将要面临的问题。化石记录的不完整是个很大的困难，但是进化论者可以指出在将来必定会发现更多的化石，而且过去的环境条件并不总是有利于化石形成的。即使有这些限制性的条件，一个没有偏见的观察者也不得不承认：化石记录清楚地显示出，生物体的复杂程度及其组织有序性都在日益增加。

钱伯斯写道：“上帝创造了活生生的生物，这是一个被事实有力地证明了的结论，而且广泛地被人们所接受，当然我也理所当然地接受了。”他不同意的只是认为上帝总是不断地要忙于创造无数种的生物这样一种观点。他认为上帝完全可以通过自然规律的作用更为省力地做这件事，这些规律是“上帝意志的表达”。钱伯斯争辩说，他所写关于有机界进化的论述，即使与圣经的文字不完全相符，但在精神上则是完全一致的。[38] 在许多细节问题上，钱伯斯有一种过分天真和

依靠稀奇古怪而未经证实过的轶事来支持理论的倾向。在结晶的形成中，他看到了植物生长的机制。在窗上结霜的形状中，他看到了意味深长的同植物形状的相似之处。甚至在银和水银的混合物中，他又看到了灌木的形状和组织。他甚至还用非常浅薄的"自然发生"的例子来支持他的理论。在这些例子中有：肠子内自然形成的蠕虫，在马粪与牛粪混合物上长出的蘑菇，以及从一种叫做欧椴的木头上长出的白三叶草。他最喜爱的一个例子是，1842 年在克罗斯 Crosse 和基克斯 Keekes 的实验室中，通过所谓昆虫的"电的生成"从无机化学物品中生出昆虫来。

钱伯斯认识到现代化学进展的重要性。他论述说，由于化学家已经合成了尿素和尿囊素，就再也不用证明有机化合物具有独特的化学特性了。钱伯斯对细胞的讨论，表明他正确地鉴赏了他那个时代生物学上最重要的新概括。他把细胞看做是生命的基础，并把这种远见卓识应用来作为进化的依据。他认为细胞是"无机物和有机物之间的交会点，它是矿物界的结尾和动植物界的开端"。这样，生命的创造就归结到了
373 "第一个原始细胞是如何产生的"这样一个问题。钱伯斯提出，某种"化学－电的作用"导致了第一个细胞的形成。[39] 和钱伯斯相反，达尔文对细胞理论的真实性和其用途却从来没有十分肯定过。

为了反驳特创论，钱伯斯机智地利用了比较解剖学上的研究成果，尤其是收集了退化和痕迹器官的例证。他争辩说，这种"发育不全的和退化的器官"，看来好像是"缺点和错误"，这和人们关于造物主是完美万能的观念是不相容的。看来钱伯斯确实相信这些证据证明确曾发生过进化。尽管他敏锐地意识到自然界中发生的变化，但对推动进化的机制却不能提供令人信服的论点。在这个问题上，他还是回到了旧的

论点上，即认为是环境的因素影响了生物个体和物种的改进或退化。他引用了众所周知的蜂做例子。这个例子表明，工蜂们能够影响蜂类胚胎的发育，从而从相同的卵中培育出不同的蜂来，或者是蜂后，或者是工蜂。在引用了这个例子后，他断言在其它的情况下也必定存在着这种相似的影响。人类和其它动物的“畸形”可能是由于母体的“体弱和忧虑”造成的。他相当明确地论述了“进化”并不就等于“进步”，而是好的条件会导致进步，差的条件则导致退化。甚至在今天，尽管有许多变化也许没有被科学家们注意到，但确实在发生着，这样的变化可能是很稀少的，但却不能说完全不可能发生。

钱伯斯的理论虽然看来似乎和拉马克的很相似，但他却极力不把自己与他的前驱联系起来。他称拉马克是“一个品质最高尚的博物学家”，但同时又认为他的假说却是“可怜地建立在聪明的蠢话之上的”。[40] 钱伯斯超过了拉马克，他大胆地把人类也包括在博物学家的进化学说范围内。甚至人类文明也被他看做是进化的产物。语言是伴随着人类的产生得到的唯一真正新颖的东西。钱伯斯认为，就像人的胚胎在子宫内的发育过程中经历了低等动物的发育阶段一样，人脑的发育也经过了由低级到高级的不同人种所表现出来的发展阶段。现代的语言研究表明某些原始人比欧洲人具有更复杂的语言，这使钱伯斯陷入尴尬的局面，因为他曾贬低过获得这种唯独人类才具有的特点的困难性。他合理地证明了语言的复杂性并不直接与智力连在一起，因为小孩子毕竟都能学习他们父母所说的话。

最后，钱伯斯以一种相当抑郁的格调给“人”下了定义，他说，“‘人’是一架机械样的东西，他决不可能用行动来满足他自己所想像的可能达到的愿望。”[41]

当钱伯斯和达尔文对地球历史的研究使他们自己大受

鼓舞的时候，地质学却仍然是特创论者所宠爱的学科。

四　地质学

在这一节里，我们将简短地描述一下地质学的进步，它给物种以及进化问题提供重要的线索。科学家们在探讨生物种群的变化问题上曾得益于地质学理论的发展，这种理论认为在历史上地球曾发生过变化。虽然关于地球科学中的某些实用知识，包括采矿、冶金和测量技术等是相当古老的，但是地质学作为一门科学的学科出现，却是十九世纪的事情。洪水、地震、火山、暴风、闪电都影响了地球表面的变化。这是表面的观察就能明显地看出来的。而哪个因素的影响最大、作用最重要，看来主要应根据当地的条件和气候而定。但是，当时的地质学家们却在争论，在地球的形成中到底是水还是热起了最重要的作用。他们在这个毫无结果、希望渺茫的问题上浪费了不少精力。沃纳 A. G. Werner 1750－1817 是水成论者的领袖，他认为水是最重要的因素。赫顿 J. Hutton 1726—1797 则是火成论者的精神支柱。地质学的发展所以受到阻碍，主要是因为大多数从事地质学研究的人不是把它看做是科学，而是当做"神学的侍女"[42]。某些地质学家在研究地球、尤其是研究化石时，似乎只要与神学的教义相矛盾，就会感到很大的烦恼，以致于就不再继续研究下去。

当达尔文还是一个学生的时候，在英国学派中最受人欢迎的地质学家是巴克兰 W. Buckland、塞奇威克和科尼比尔 W. Conybeare。他们经常讲关于地质学神妙地支持神学的故事。这样一些在神学指导下的地质学家相信水成论者的理论，他们认为这些理论和圣经所说的大洪水以及地球年龄相当短的说法相符合。但是，甚至在十八世纪，赫顿就在为新的

地质学打基础了。

赫顿 James Hutton 1726 – 1797

1785 年赫顿在爱丁堡皇家学会上第一次宣读了关于地球理论的论文，这个理论可以看做是现代地质学的基础。1795 年，他出版了两大册冗长的《地球理论》，发表了自己的观点。这部著作使地质学从业余爱好者的消遣变成了真正的科学。不切实际的猜测和神学教义必须抛弃，代之以建立在对岩石和地质地层进行观察和分析基础上的严密、协调、合理的说明。赫顿制订了两条地质学的主要原则：地质循环论和均变说，即地质学家必须以现在还在活动的地质过程来解释地球的历史，不应该为了摆脱理论上的困境而乞求于超自然的力量和行动。

地质的变化虽然一直在进行着，但过程却极其缓慢，因 375
此赫顿假定在地球及其表面的形成中，热、压力和水都起着重要作用，而其作用的时间则无限长久。他把地球看做是一个在不断地自动更新的世界机器，它是巨大的宇宙机器的一部分，它按一定的规律而活动。对科学来说，不幸的是在赖尔的工作以前，稀奇古怪的“灾变论”靠着它对经久不变的奇迹和神圣的干涉的感召，一直赢得科学界和公众舆论的信任。赫顿是一个头脑清醒的思想家，他描绘了一幅使人信服的图画，说明地球“既没有开头的痕迹，也没有结束的前景”。但是他的作品冗长乏味、晦涩难解，使人厌烦。在普莱费尔 J. Playfair 1748 – 1819 把赫顿著作改写为便于阅读的《通俗赫顿主义理论》1802 年以前，这个新的地质理论一直处于被人遗忘的危险状态中。普莱费尔对赫顿著作的详细说明被誉为是英国地质学史上的一个重要的里程碑。

当时，另有一批讲究实际、关心采矿和工程的人们，他们对了解地球的地层结构以及其中的化石等等，也做出了贡

献。史密斯 W. Smith 是其中的主要代表。

史密斯 William Smith 1769 - 1839

形成博物学家关于地球科学的完整观点的是赫顿；但获得"英国地质学之父"称号并在 1831 年被授予地质学会第一枚沃拉斯顿勋章 Wollaston Medal 的却是史密斯。史密斯是个主要靠自学成才的排水工程师和测绘师。他对岩石地层排列独具慧眼。他认为：分布在断面不同水平上的同类岩石，可以通过它们所包含的化石来予以辨认。早在 1791 年，史密斯就已经注意到了化石和地质地层间的密切关系。但他认为自己是个从事实践工作的野外地质学工作者，不是一个科学家，因此直到 1815 年他才发表了这个见解。

史密斯似乎已经接受了拉马克和赫顿的"均变说"。但后来，他却为其朋友所左右，离开了纯粹博物学家的地质学观点，对地质现象进行了更加正统的神学解释，从而转到了"灾变论"的立场上。1817 年他写道：必须把每层化石都看成是上帝的一次单独创造，或者是更古老的创造中还没有发现的一部分。他虽然接受了赫顿地质年代极其久远的时间表，但却仍然断言"化石的作用是把我们带回到一个超自然事件的领域之中"。[43] 史密斯退回到超自然的解释这件事清楚地反映了当时的时代特征。那时尽管人们对科学和发展技术兴趣很大，但那些可能会干扰宗教教义的理论却还没有立脚之地。在十九世纪初期，自然神学正处于繁盛发展的时期。许多早期的构造地质学家都是教士，他们热心地研究"大自然书本"，目的是要宣讲上帝的另外一本书——基督教的《圣经》。剑桥大学三圣学院的地质学教授塞奇威克牧师 1785 - 1873 就是其中一个。塞奇威克承认当他 1818 年赢得伍德沃德 Woodward 的科学教授职位时，他对地质学还一窍不通。当时另一个候选人也被提名了，但是塞奇威克知道他的对手是

376

不可能成功的，“虽然我对地质学一窍不通，他却懂得很多，但他懂的东西都是错误的”。[44] 无论在什么地方，塞奇威克看见的都是支持用洪水来进行解释的地质学和上帝创世的证据。由于“真理必然在任何时候都始终如一”，因此从观察上帝的造物中得出的证据，如果解释正确的话，必然会符合于从上帝的《圣经》中得出的结论。按照他的观点，“当科学得到很好的解释时，它是一定会帮助自然宗教的”。在塞奇威克的经历中有一段带来独特后果的插曲，他鼓励了一个非常热情但不很聪明的学生，这个学生就是达尔文。有一个夏季，达尔文在塞奇威克的指导下，进行了一次关于北威尔士的野外地质考察，这次考察增加了达尔文对自然科学的兴趣。

当资料越来越不符合神学的理论框架时，虔诚的地质学家还努力地为此而拼命奋斗着。直到赖尔关于地质学研究成熟时，那条把地质学与神学绑在一起的链条才最后断裂了。

赖尔 Charles Lyell 1797 – 1875

年轻的地质学家们常常会这样说：“我们收集了资料，而赖尔教会我们理解它们的意义。”[45] 赖尔，这个“均变论伟大的高级教士”，如此有说服力地重新坚持了赫顿主义的原则，因此，关于大自然在历史上和物质上的连续性概念和他的名字紧密地联系着。

赖尔虽然不是一个很热情的学生，但对自己的业余爱好，例如鳞翅目昆虫学和地质学，却很热心。在牛津大学时，他参加过几次去英格兰、苏格兰和欧洲大陆的地质学旅行。由于视力上的问题，他放弃了法律专业，这样他更可以自由地追求自己真正感兴趣的东西——地质学。赖尔的《地质学原理》以优美的文笔，法律般简洁的逻辑把这个学科提到了新的标准。赖尔对其三卷著作不断修改，使之总能反映最新的成就。在他死后的 1875 年，还出版了第十二版。除了为科

学的地质学开辟了一个新纪元外，赖尔还把拉马克物种变化的观点介绍给了当时能阅读的群众。达尔文称赖尔的《地质学原理》是对他的进化论思想早期形成阶段起主要影响的一部著作。后来，赖尔成了达尔文的朋友和指导者。

赖尔对地质学采取的是严格的"均变论"态度，他坚持认
377 为，地质资料应该用那些直到现在还在作用于地球的力量来解释，但他并没有把这个观点扩展到生物体的自然和历史进程中去。在其一生的大部分时间内，他抵制了有机界进化的均变论体系。他既不相信物种会变化，也不相信物种会适应变化了的环境。他认为每个物种都以某种方式被创造得适合于它特有的小环境，并且根据不同的气候、食物供应以及与其它生物的竞争等情况，从这一点扩展到它力所能及的范围。尽管在一个物种内可以很明显地发现存在着变种，但适应性却被限制在这样一种范围内，以致环境的根本性改变只能导致物种的灭亡，或者是被已经存在的更能适应这种环境的其它物种所代替。对赖尔来说，产生物种的真正"创造力"是不属于科学范围内的。甚至在他最后接受了达尔文的物种演变观点以后，他还是拒绝支持人类的自然进化观点。

五　达尔文 Charles Darwin 1809 – 1882

达尔文的祖上有许多是真正的维多利亚时代的有名人物，而他在年轻时却不是一个很有希望的人。他的母亲苏珊娜 Susannah，是杰出的韦奇伍德的女儿；父亲罗伯特·达尔文 R. W. Darwin，是个医生。他们共生有八个孩子，达尔文排行第六。达尔文的儿子弗朗西斯推测，达尔文"从韦奇伍德那儿继承了和蔼可亲的气质"，而"从他的祖父达尔文那儿继承了才华"。达尔文首先进入施鲁斯伯里 Shrewsbury 学校。这是

一个在他家附近的寄宿学校，但在其中他并没有学到什么。对于他的早期学校生活，达尔文曾抱怨说："对我智力的发展来说，没有什么东西比巴特勒 Butler 博士的学校更糟了。它太正统了，除了一些古代的地理学和历史知识外，什么也没教给我。"当他离开学校时，他感到老师和父亲对他的评价是："一个非常普通的孩子，他的智力在一般水平之下。"他父亲曾大声怒斥他"你除了打鸟、玩狗和抓老鼠外，什么也不干。这样下去，你会给自己，也会给整个家庭带来耻辱。"达尔文对此感到很委屈，他后来回忆说："当我年轻时，我想父亲对我是有些不公正的。"

达尔文后来被送到爱丁堡 Edinburgh 去学习他祖父和父亲的老行当——医学。但是不久他的性格就表明了他根本不适合于当医生。如果说解剖学和拉丁文课程还只是使他感到厌烦的话，那么出血的情景则使他感到非常不舒服。在学校里，观看动手术以及后来自己进行不施麻醉的手术，使他确信，医生这个职业是个"兽性的职业"。除了不再想当医生外，他对接受教育采取的也是漠不关心的态度，同时，他还期望能得到一大笔遗产，使他可以不用参加工作就能生活下去。这些想法"妨碍了任何学习医学时所必需的努力"。从 1825 年 10 月到 1827 年 4 月在爱丁堡的日子里，他对业余学习自然科学比对学校的功课更感兴趣。他的业余兴趣确实证明，他在那个年龄就已经具有了一定的科学研究能力，因为 1826 年他在普林尼学会上介绍了他是如何发现有纤毛的藻苔虫幼虫的。他在爱丁堡的时候，一篇强烈支持物种变化理论的匿名文章在《新哲学杂志》上发表了，作者是达尔文的朋友格兰特 R. Grant 博士。有一次他俩外出散步，格兰特对拉马克的高度钦佩和他的进化观点使达尔文吃惊。达尔文后来回忆说，尽管他和格

兰特有过来往，他也读过其祖父伊拉兹马斯·达尔文的《动物学》，但在他年轻的时候，他对《圣经》上每一个字的严格而朴实的真理没有丝毫的怀疑"。

对达尔文来说，他所热爱的打猎和他父亲讽刺为"无所事事的游荡生活"比其它的事情都重要。由于达尔文没有可能成为一个可敬的医生，他父亲认为另一个最好的职业就是牧师。有讽刺意味的是，当他父亲认为这是一个适合于达尔文的职业时，后来他却对达尔文承认过他自己却是一个怀疑宗教的人。1827 年 10 月，达尔文在剑桥基督学院又开始了新的学习，以取得这个神圣的职业。但是他对学习的态度并没有改变。他曾写道："我在剑桥的三年中，时间都浪费了。就大学学习的课程来说，就和在爱丁堡及在中学里一样。"他父亲并不打算让他那"抓老鼠"的儿子追求这种闲散生活而给家庭带来耻辱，但又不知如何对付这个看来命中注定要失败的儿子。而在英国皇家军舰"贝格尔号"上当个不取报酬的自然学者的机会改变了达尔文一生的道路。[46]

在"贝格尔号"上的航行，从 1831 年 12 月 27 日起到 1836 年 10 月 2 日结束。对达尔文来说，这次航行是次伟大的经历，其决定性的影响在他一生中占有突出的地位。确实，《物种起源》的第一句话就反映了这次经历及其在他智力上的收获——

> 当我作为一个自然学者在皇家军舰"贝格尔号"上航行时，在南美洲看到某些事实，有关于生物的地理分布和古代与现存生物的地质关系，我深深地被这些所打动。这些事实……似乎是神秘而又神秘的物种起源问题的曙光……[47]

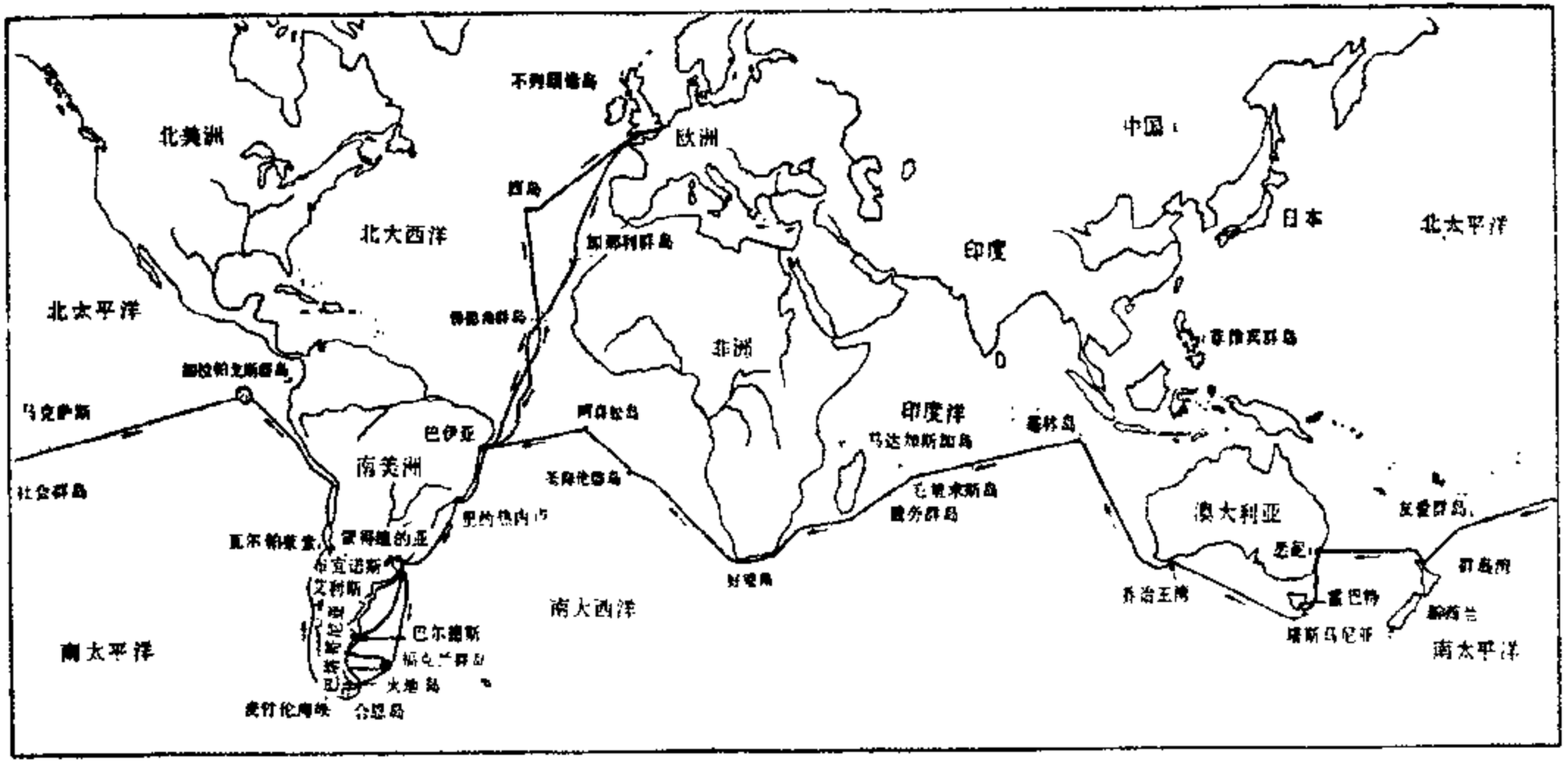


图 12－8　“贝格尔号”环球航行的路线
这次航行1831年12月开始于英国普利茅斯
1836年10月也结束于此

达尔文是在经历了一连串奇怪的偶然事件和妥协后，才随着“贝格尔号”去进行考察的。原先这机会曾经提供给了其他两个预备人员，当他们拒绝后，才给了达尔文。当时，他既年轻又缺乏经验，但他的朋友亨斯罗 Henslow 教授却非常相信他，并且推荐他担任这一职务。然而达尔文的父亲却反对这个提议。他二十四岁的顺从儿子也准备照他的意愿去做。老达尔文医生说，如果有“任何一个有普通常识的人”支持他 380
儿子的奇怪意见的话，他可以改变自己的主张。后来，达尔文的舅舅韦奇伍德当然是一个有普通常识的人，说服了老达尔文。在克服了第一道障碍后又碰到了新的问题。船长罗伊 R. F. Roy 是个对颅相学很感兴趣的人，会见达尔文时，他发现达尔文鼻子的形状表明他是一个缺乏精力的人。这又使达尔文几乎失去这次航行的机会。

“贝格尔号”本来是一艘装有十门炮的方帆双桅船，为了适应考察的使命也改装成为三桅帆船。就这艘船腐朽的船骨和甲板来说，它就需要彻底重建。船上的膳宿设备极差，即使是供应船长和自然学者的，也远远谈不上“舒适”二字。船的尾楼上海图桌的一角就是达尔文全部的“办公室”，他睡的帆布床就吊在海图桌的上方。达尔文很快就发现自己非常容易晕船，而他的住处正位于船上颠簸最厉害的地方。有段时间还曾出现过一个不利的建议，即要缩短“贝格尔号”的航行路线。对达尔文来说，幸运的是考察还是全部进行了。“贝格尔号”环行了整个地球，并曾在佛德角群岛、南美洲、加拉帕戈斯群岛、塔希提岛、新西兰、澳大利亚、毛里求斯和南非洲等地停泊。

当“贝格尔号”沿着南美洲海岸向南航行时，达尔文注意到变种是怎样随着地理位置的不同而变化的。像钱伯斯一

样、他必然也想过为了创造所有这些仅有细微差别的变种，上帝要花去多少的精力和时间！他为这样一种不经济做法而为上帝感到担忧。这些问题在考察加拉帕戈斯群岛时变得非常突出。这个群岛位于离南美洲西海岸约六百英里的赤道地带，包括约二十个由火山形成的贫瘠小岛。这些小岛在地质形成上还很年轻。生活在这些贫瘠小岛上的动物虽然与南美洲的动物同一个属，但这里的种却是岛上所特有的。除此以外，当离开这些岛后，达尔文最后又认识到，在各个岛屿上都有其自己独特而又相互明显不同物种的鸟类、龟类等等。加拉帕戈斯群岛可以被看做是活的进化实验室，在那里，尽管生活的环境条件基本上相同，但变种和生殖隔离却在各个岛上产生了各自特殊的新物种。达尔文研究了这些岛上完全陌生的生物，对他来说这段时期也许是最有决定性意义的经历，这促使他从一个天真幼雅，未来的正统牧师坚定不移地转变成了一个训练有素的科学家——博物学家、地质学家、分类学家，最重要的是进化论者。

回到英国时，达尔文已经有了显著的转变。他常常把这 381
次航行称做是对心灵进行的“第一次真正的训练或教育”。首要的是，他为后来的科学研究事业养成了“精力充沛地勤奋工作和高度地集中注意力”的习惯。当他发现“观察和思索的乐趣比技艺和运动要高尚得多”时，他以前所有的兴趣都放弃了，让位于对科学的爱好。这次航行对他的思想转变是这样的显著，以致于当他父亲第一次再看到儿子时，老达尔文医生惊呼：“哎呀，他在思想上的变化是多么大啊！”[48]

回到英国以后，他过着平静而有规律的生活。这个“贝格尔号”上勇敢的冒险家却奇怪地变成了一个身体虚弱容易激动的病人。像他的父亲一样，他也娶了一个韦奇伍德家的姑娘，表姐爱玛 Emma 为妻。爱玛是那个说服他父亲让他成为

博物学家的舅舅的女儿。他们于 1839 年结婚。这次婚姻使他消除了要他选择一种标准的职业以谋求生活费用的压力。他妻子带来可观的嫁妆，计五千英镑，另外还有每年四百英镑的年金；他父亲给了他一万三千英镑，有了每年大大超过一千英镑的收入保证，达尔文就能把一生都贡献给研究事业了。他的身体长年虚弱多病，真正的原因至今仍是个谜，因为他毕竟还是活到了相当的高龄。[49] 尽管治疗听起来是维多利亚时代典型疾病的疗程使他的体质衰弱，但他仍然做了大量工作。关于我们这个物种在自然界中所占位置的概念上，他的工作是一场革命。他还和妻子爱玛生了十个孩子其中只有七个活到成年。这表明了他具有一个真正的疑病症患者的"铁一般的体质"。关于他疾病的原因，更宽容的看法是先天遗传的体质虚弱，以及当时正在流行的由药物治疗南美洲锥虫病引起的砷中毒。艾德勒 S. Adler 教授试图把他的病诊断为南美洲锥虫病，从而使达尔文摆脱不好听的疑病症。南美洲锥虫病由一种南美洲的寄生虫所引起，这种虫与造成非洲瞌睡病的寄生虫有血缘关系。它使人长期衰弱，机体、身心失调。达尔文回忆起曾在阿根廷的孟多查省受到过"南美洲草原的黑色大臭虫"袭击。现在知道这种猎蝽 *Triatoma inf estans* 是南美洲锥虫病的主要传病媒介。

达尔文根据他的日记和笔记中的材料，写出了几卷关于地质学的著作和《在贝格尔舰上的旅行》一书。该书写得很成功，受到了人们的欢迎。这本书虽然并未从经济上给他带来多少好处，但却使他成了从事写作的著名人士，这使他感到很高兴。他第一次作为科学家而闻名于世是建立在他的地质学著作上的，因为他成功地解释了环状珊瑚礁形成的原因，这对十九世纪的地质学是个重要的贡献。在伦敦的岁月中，他作为地质学协会的秘书，遇见了许多重要的科学和学术团

体的领导人。地质学家赖尔和植物学家胡克 J. D. Hooker, 1817－1911 是他最亲密的朋友。他们成了达尔文的知心人、评论者。后来在勉强避免了的，与华莱士争夺优先权的争端中，他们又似乎是达尔文的代理人。由于达尔文的健康状况很差，他决定离开伦敦，带着他的家眷迁到了达温村——一个位于肯特郡 Kent 离伦敦不远的小村庄，在那儿他们过着几乎是隐居的生活。

达尔文和进化理论

达尔文的名字现在几乎已成为通过自然选择进行的进化论的同义词。实际上达尔文在与进化没有直接关系的问题上花了更多时间和精力。有许多问题牵涉到达尔文是怎 382
样发展他那通过自然选择进行的进化理论的。他曾声明，他从创造论者到进化论者的转变发生在航行中观察阿根廷的哺乳类化石和思考生活在加拉帕戈斯群岛上的鸟和龟时，然而从那时到他发表进化论的观点，中间又相隔了二十年。在回到英国时，达尔文似乎就已经得出结论，动物和环境之间的协调一致并不是上帝“设计”和创造的反映，而是适应的结果。适应是进化的产物，它意味着与机体的变化一起遗传下来。

早在 1837 年到 1839 年时，达尔文就似乎已经相信进化的事实了。1842 年，他已把他的想法写成了一篇初步梗概性的短文。然后他继续深入考虑这个问题。直到 1859 年事实上他受到华莱士的压力，才急着把《物种起源》付印。对他拖延付印的理由。传统的解释是他害怕这样公开地宣传异教的观点。在这前后，达尔文的头脑中曾出现过布鲁诺和伽利略的形象。但是事实很清楚，达尔文显然知道，对相信科学的异教徒处以火刑的事早在 1600 年就结束了。同时，由于达尔文十分富裕，根本不必依赖他人，他也完全不用担心会丢掉自己

的工作或失去生活的来源。比起担心被戴上异教徒这顶帽子来，达尔文更怕的也许是自己缺乏说服力，不能使和他同等地位的人相信他理论的正确性和合理性。进化论并非一种新的理论，但是如果缺乏对进化机制的解释，那么这个理论仍是不完全的。尽管达尔文和其他人有时会把进化是否发生过和进化是如何发生的机制这两个问题混淆起来，但达尔文认识到这是两个相互截然不同的问题。到了 1859 年，除了发现自己的成果可能被华莱士抢先发表外，他也终于相信自己有足够的证据，这些证据即使不能使人非信不可，至少已很有说服力了。此时达尔文奋起出版了《物种起源》。这本书可以当之无愧地被认为“在拉马克有一个事实的地方，达尔文有一百个事实”。

达尔文后来说过，对他思想影响最大的两本书是赖尔的《地质学原理》和马尔萨斯[①] R. Malthus 的《人口论》。达尔文是在 1838 年 9 月为了消遣而读《人口论》的，当时他便被马尔萨斯认为的生物间的斗争既可以导致消极的后果也可以产生“积极的”作用吸引住了。今天很难想像任何一个人为了消遣会去读这样一本沉闷的、本质上又是悲观无望的书。但对达尔文来说，这本书产生的结果却是很显著的。同样，马尔萨斯的论述也是华莱士的自然选择理论的来源之一。

马尔萨斯 Robert Malthus 1766 – 1834：快乐的厄运预言家

当批评家们要想贬低达尔文的成就时，他们会轻蔑地指责说只有一个维多利亚时代的绅士才会写出这样一本毫无独创精神的书，这本书只不过是把马尔萨斯理论用于植物和动物世界而已。像达尔文一样，马尔萨斯也在世界范围内引

① 马尔萨斯（1766 – 1834），英国经济学家、牧师和教授。1798 年发表著名的《人口论》一书。

起了他那个时代观念上的革命。他们两人都写出了第一流的著作，这些著作都遭到了那些从未认真读过的人拼命反驳。他们的名著都曾再版多次。为了回答读者的批评和改变着的概念，两本书都做了很大的修改，以致于很难在后来的书上看出其作者们真正相信一些什么了。马尔萨斯曾与他父亲争论关于人类的本性及其将来的前途问题。在这以后，他才写了这本《人口论》的。他父亲老马尔萨斯 D. Malthus 是卢梭的朋友。他极力向他儿子灌输人类是可臻完善的自由主义观点。但小马尔萨斯却反对一切关于将来的乐观想法，并且还发明了一种计算人类苦难的方法，这种计算令人畏惧却又是明显地不可抗拒。

《人口论》中的观点是：由于人类的真正本性是所有人类问题的根源，而且人的缺点是天生而不可改变的，因此乌托邦的梦想决不可能实现。大部分人类的自然状态是苦难和罪恶，是疾病、战争、杀婴和乱交。这些罪恶或者是有助于防止繁殖，或者是任其繁殖，而在繁殖过多时消灭那些过剩者。所有这些苦难都是由人的两个基本需要——食物和性的需要所注定的必然后果。苦难之所以不可避免，是因为生物种群无论何时何地都对可得到的资源施加着压力。这一点在整个自然界中都是真实的，它适用于人类，也适用于动物和植物。

在任何地方，生殖能力都超过了食物的供应能力，从而导致对于生活必需资料的激烈竞争，马尔萨斯还用迷人的数字的威力来加以证明。人口是按几何级数增长的，因此人口的增长趋势如果不加阻止的话是每 25 年按 1、2、4、8、16、32、64……的顺序增加。与之相矛盾的是食物的供应只能按算术级数即 1、2、3、4、5、6、7……增加。根据这像乘法表一样精确和无可争辩的计算，人口和食物的比例在二百年内就会达到 256/9。而在三百年内更将会高达 4096/13。在马尔萨斯看来

似乎是相当清楚的关于将来远景的说明中，存在着不协调的地方。他计算出的比例是假定人口的增长在没有受到抑制的情况下得到的。然而马尔萨斯也论证了苦难和罪恶不断地阻止了人口的增长。在以后的版本中，马尔萨斯使这个问题更为复杂了，他增加了其它的阻止人口增加的办法。这被他称之为"道德上的节制"。

从马尔萨斯的书中，可以很明显地看到，比起富人来，穷人所受到的竞争恐怖威胁要大得多。这样，在穷人中间罪恶和苦难只会增加而不会减少。

自然选择

马尔萨斯阐述了关于争夺资源的激烈而可怖的竞争，以及随之而来的为生存而斗争的观点，这个观点为达尔文提供了用自然选择作为进化的机制。他的论点可总结如下：首先，
384 达尔文证明了生物界中存在着大量的变异和巨大的繁殖力；其次，看起来应该是很明显的，不同的变种对生存斗争有不同的适应能力。从这点出发必然可以得出：自然对所有的变种都进行了选择，并且让最适应的生存下来。这些幸存下来的变种留下的后代最多。对进化来说只有那些可遗传的变异才是重要的。达尔文论证了自然选择，即由自然进行的选择，应当是比由人类进行的人工选择更优越。但是，在一个相对来说比较短的时间里，通过人工选择便可获得比较好的家禽、家畜和栽培植物品种。这种进步可证明选择的有效性。自然选择对种群有两个作用：第一，导致性状分歧或物种形成；第二，同时淘汰适应较差的变种和物种。

早在 1844 年在给朋友胡克的信中，达尔文就用感情夸张的语气暗示了他正在以一个非常不正统的观点研究物种问题，他写道："我几乎完全信服了和我开始时的观点完全不同，物种并不是不可改变的这简直像坦白了一件凶杀案。"[50]

对系统分类学家来说，定义“物种”是生物学的中心问题。这种观念主要是由林耐传下来的。他认为给动植物命名是生物科学的巨大任务。他对物种作了如此详细的描述和分类工作，实际上是给这个术语强加上了不变性和僵化的新标准。对达尔文来说，一旦有机生命被看做是一个在极长的时期内一面改变，一面分化的产物，“物种”这个概念就成了相当任意的了。它仅仅是为了较方便地指那些由比较紧密地联系在一起的个体形成的群体而已。对进行分类和形态描述的目的来说，它可能是必要的，而从进化论的观点来看，“物种”仅仅是比较方便的一个概念，可以用来描述在任何特定的时间内较紧密地联系在一起的一群有机体。被林耐看做仅仅是动摇不定的、没有任何真正重要意义的“变种”，现在则被看做是具有重要作用的“刚刚出现的物种”。达尔文相信，生物统一体是处于一个动态的而不是静止的状态中，他认为，这种观点为自然的分类系统提供了一个基础，即各种生物都从一个共同的祖先繁衍而来，随着时间的推移，导致了性状分歧。但分类的实际问题仍然存在，因为在大多数的情况下，所有在分类学上所能得到的资料都是形态学方面的。必须根据形态学资料去推断不同物种的来龙去脉。然而，有许多热情的，转变到进化论的人都乐于把形态学上的和胚胎学上的关系用来探索物种的由来。

达尔文书名中的“起源”一词明显地指从一个物种到另一个物种的演变。和他前代的进化论者不同，他并不是从“原始的细丝”或“生命分子”出发，然后再从中衍生出所有的生物种类来。达尔文提出，作为“发生变化”的进化现象几乎完 385
全是不言自明的，真正的问题则是如何用自然选择来详细解释变的机制。关于生命最初起源的推测不在达尔文打算阐述的科学问题的范围之内。在《起源》一书中，论述的起点是那

些大量的即使对漫不经心的观察者来说也是很明显的变异现象。达尔文在第一、二章"家养状态下的变异"和"自然状态下的变异"中用极其丰富的材料证明了这点。由于达尔文不知道变异的原因，因此书中"变异的法则"一章是全书中最混乱最含糊不清的章节之一。由于不知道原因，达尔文把他的基本论述限制在测验变异的效果上，企图使他的论著仍保持有一个良好的科学基础。

在《物种起源》出版的第一天，第一版 1250 本就被一抢而光。在看到第一版产生的影响以后，达尔文继续修改和写作，有时还要花时间和精力来回答别人提出的批评。最难对付的批评来自物理学家凯尔文勋爵 Lord Kelvin 1824 - 1907 和工程师詹金 F. Jenkin。前者对达尔文提出的通过不断的小变化而引起整个的进化过程所需的时间之长表示怀疑。他提出地球是否有这样足够长的年龄允许这种逐步的演变发生。[51] 事实上，一些物理学家只同意以一千万年这样不长的时间供地质学家和生物学家自由使用。詹金用关于融合遗传的数学结果向达尔文提出挑战，根据这种计算，一切新的物种都会被抑止[52]。按照十九世纪六十年代广为流行的遗传学说，一个稀有的新突变体显然会在与正常个体交配所产生的种群中完全被"淹没"掉。令人遗憾的是，虽然孟德尔在 1865 年已提供了解决这个问题的钥匙，但是这把钥匙直到下个世纪才被实际地应用起来。在《起源》第六版中，达尔文感到他不得不接受詹金的观点，并且承认他没有更好的方法来解决这个问题。达尔文被迫回到更接近于拉马克主义的观点上。在《起源》以后的版本中，尽管自然选择的论点从来没有被抛弃过，但环境的影响以及器官用进废退的作用在进化中的地位变得更重要了。

詹金、凯尔文勋爵及其他人似是而非的论点表面上却似

乎很有力，这就给达尔文造成了很大的困难，因此后来出版的《起源》与第一版相比，变得更加自相矛盾和含糊不清。达尔文感到他被迫过早地出版实在是太仓促了，因为《物种起源》仅仅是他计划写的一部大著作的摘要。他认为他如果有空写完这本"巨著"的话，那么一切反对意见也许早就被压得粉碎了。那时候，代之而起的很可能是：他的朋友在大量还不可能被充分消化的材料面前，一句话也说不出来。那些论敌当然也不例外。然而，在遗传和地球年龄问题上碰到的麻烦仍然会存在。1859 年发表的这个"摘要"对进化的事实和机制作了很清晰的说明，对于不抱成见的读者来说，是很有说服力的。事实上，赫胥黎读了这本书后，写了那篇经典性的评论。这位科学家已经看出他错过了一个显而易见的论点，"他 386
本人没有想到这点，这是多么愚蠢啊！"

人类的由来及性的选择

如果说在出版《物种起源》时，达尔文就似乎是很勉强的话，那么关于人类进化问题的讨论对他来说，就更感到是个不愉快的任务了。在《起源》一书中，达尔文仅仅暗示了他的观点可能会给解决人类起源问题带来一线希望。很可能他曾希望会有其他什么人来写一本书，详细地阐述这个问题。当时，另外一些进化论者如赫胥黎、海克尔和斯宾塞 H. Spencer 1820－1903 都忙着解释人在自然界中的地位，或忙着把适者生存的原理应用到人类社会中来，这却与所需要写的书所要求的那样严肃认真，合乎推理和讲究科学不同。达尔文甚至还鼓励华莱士写关于人类进化的书，并主动表示愿为他提供这个课题的有关资料和笔记。但当时华莱士正涉猎唯灵论，要想依靠他来把"上帝的干预"排斥在人类的进化这幅图画之外是不可能的。实际上达尔文也知道，在当时，只要牵涉到人类智力和灵魂，许多进化论的支持者就都企图仍然

保持神的干预。他们多半会满怀希望地辩论说：正是人类在智力和心灵上的才能构成了把人和动物区分开来的不能逾越的鸿沟。

但是达尔文却像机器一样，毫不动摇地艰苦工作着，渐渐勾画出了人与动物之间均变连续性形成的情况。在工作一开始，达尔文就宣布，写《人类的由来》的唯一目的"只是讨论下述几个问题：一，人类是否像其它物种那样，是从某种预先存在的形式遗传下来的；二，人类发展的方式；三，所谓人种间的区别有何价值"。[53]《起源》中讲到的与在同一物种中的机体相似性和此物种共有的遗传性状有关的论点，在《人类的由来》一书中得到了扩展，用以提供在所有物种甚至人类之中存在着的延续性。达尔文分析了在动物身上表现出来的性状，如好奇、记忆、想像、反射、忠诚、模仿的倾向，并进而分析人类特有性状的进化。他把凡能收集到的任何一件轶事都用来支持他的基本前提。于是他自己的狗"鲍利"对它那属于人类的主人的感情，就像是人类害怕上帝的宗教感情一样，可能是相类似的。

由于达尔文非常谨慎小心，而且在人类进化的时间和地点上，他也像在第一批"人类"的人种组成问题一样含糊不清，因此在许多方面，要确定他的立场是很困难的。他提出的可能性是这样多，涉及的范围又是这样广，以致于各种各样的思想家都可以应用达尔文的论述作为支持他们学说的"科学证据"。种族主义和种族平等主义，性别歧视和男女平等的支持者们都应用了"达尔文主义"。同样，战争贩子与和平主义者也都利用过达尔文主义。

387 正如书的题目所表明的，这本书主要论述性的选择，只是间接地联系到人。原初的自然选择理论不可能被直接应用于第二性征的进化上。达尔文的祖父曾产生过关于性的选择

的思想，达尔文从这种思想中得到的好处可能比他所愿意承认的更大。严格地讲，在同一物种的竞争中，雄性用于吸引雌性的特征，对于种间进行的生存斗争而言，并不是都有利的。事实上，某些第二性征对动物来说是个累赘，甚至是危险的。某些雄鸟颜色鲜艳的羽毛，某些雄鹿很大的装饰性角皆属此例。由于当时还不知道在生长发育过程中激素的调节作用和遗传的规律，因此也就没有可能来解释雄性怎么能够把雌性祖先的特点传给它们的女儿，或者雌性如何能够把雄性祖先的特点传给儿子。

达尔文认为每种性别各具有一定的特征，这种观点在当时是很典型的。像在他以前的亚里士多德一样，他把强壮、勇敢和智慧看做是男性的特征。他写道："男人比女人更有勇气，更好斗，更有精力，并且更富有创造性的天赋。"相反，女性则被描写成被动的、软弱的、缺乏智力的。就是在这些问题上，达尔文也是非常模棱两可的，为用别的观点进行解释留下了余地。他注意到男性的脑子比较大，"但是否和他的身体成比例，我认为，还未完全确定"。[54] 由于达尔文的理论认为性的选择依赖于雄性争夺配偶的竞争，因此他过分强调了雄性的特点，并且总的说来忽略了雌性的作用，而雌性照料、喂饲和训练后代的作用是极其必需的。不用说，这对雄性优越论提供了进一步的"科学依据"，从而也为他赢得了很多的支持者。事实上，在纪念达尔文关于《性选择和人类的由来》发表一百周年 1871－1971 的活动中，人们基本上仍然保持了这种强调雄性的看法。[55] 在现存哺乳动物的 122 个科中，大约有三十个科，其雌性动物的平均体积比雄性大，但是，人们却很少研究这些动物。[56] 在这些动物中有：兔子和野兔，蝙蝠的一个科，须鲸的三个科，海豹的一个亚科，羚羊的二个族，土狼，山羚，短鼻象鼩鼱和长毛鼻袋熊。雌性长得越来越大可能

是由对某些有限资料的竞争而引起的。一个多世纪以来，达尔文的性选择理论，在这个问题的研究上一直占着优势地位。但是现在的研究者用比较批评的态度来对待这种观念了。到目前为止，没有一个单独的理论能够考虑到体积大小，交配系统的多样性以及同一性别间的竞争等各个方面，来解释性的二形现象。由于相似的物种即使在栖息场所、食性和行为等方面似乎都很相似，但两性间的相对大小却很不相同，因此这些问题显然是极其复杂的。

那时，人类古生物学和文化人类学还仅仅处于萌芽状态，在这种情况下达尔文关于人类起源的观点，确实是多么
388 地具有先见之明。年老，加上慢性病的折磨，使达尔文不能亲自进行这个领域的野外工作。关于"失落环节"的可靠证据又是这样的缺乏，甚至连含糊不清的资料也没有。因此，他的论述只能依赖比较解剖学和心理学上的证据。从这样稀少的资料中，达尔文推测人类的祖先与大猩猩、黑猩猩有亲缘关系；它起源于炎热的气候地带，可能是非洲；并且他还推断这个人类祖先可能出现于始新世和中新世之间。在达尔文准备出版《由来》一书时，其他一些博物学家已经得出结论："人是与某些较低级的古老物种一起从同一个祖先共同传下来的，这些其它的物种现在已经绝灭了。"但被达尔文认为是很好的人类古遗迹的证明，却仍然遭到其他许多人的反对。达尔文受到了对他工作和名誉的恶毒攻击，但他仍然坚信所有的生物确实是在进化的，只是开始怀疑"'人性'是否是自然的，或是天生便有的性质"。[57] 当许多科学家、哲学家和牧师都断言科学研究决不能发现人类的起源时，达尔文告诫他们要记住："无知常常比知识更容易使人产生自信，正是那些什么也不知道的人，而不是那些懂得很多的人，才绝对地断言这个或者那个问题不可能由科学来解决。"[58]

在二十年的长时间里，达尔文秘密地研究着进化理论，在较少引起人们争议的科目上，成了一个著名的博物学家。他用了八年时间研究现在还生存着的藤壶和化石藤壶，研究它们的分类和生理。这对理解和熟悉区分物种的微小差别是个很好的训练。不过到后来甚至连达尔文本人也怀疑是否值得在这个研究上花这么多时间。1868 年，他出版了《动物和植物在家养下的变异》一书，叙述了他对遗传机制的非常模糊的想法。《人类的由来》出版后仅隔一年，他又发表了和它相伴随的一本书——《人和动物的表情》，从而为现代性格学的研究奠定了基础。他使用过的方法直到现在仍是这个领域的基本方法；研究婴儿和神经错乱者，研究由不同鉴赏家作出评价的各种不同表情的图画、雕塑和照片，以及比较研究不同民族的表情。正如洛伦茨 K. Lorenz 在为《表情》一书所作的引言中指出的：

> 行为模式就像骨头、牙齿或身体的任何其它结构形式一样，是物种的保守而可靠的特征。遗传下来行为的相似性，就像身体的特征那样联合了一个物种的成员，联合了一个属甚至最大的分类单位的成员。[59]

达尔文证明了行为的进化与器官的进化有相似的地方，389
即行为模式可以比其原初功能保存得更久，像身体上的某些特征一样，可以成为“退化的”和“痕迹的”行为。就像动物在从水生生活发展到陆生生活时，第一鳃裂变成了耳孔一样，人的“咆哮”动作是从动物想要侵犯对方时的“啃咬”动作发展而来的后者在成人身上已经消失。这本书相对来说并不怎么著名，但它却写得非常生动活泼、充满了丰富的想像力，表明了达尔文是一个很有创见的思想家，而这一点却经常被人们

低估了。

这位温雅、谦逊和半病残的人进行的工作确实是一些很基础的工作，其数量之大、范围之广都很惊人。达尔文直截了当地提出了甚至是孩子气的问题，而提供的答案又是这样富有创造性、漂亮而简明，以至它们常常使对他真正价值的评价锦上添花。

达尔文和华莱士

人们对达尔文的创造才能和天赋抱有怀疑的一个原因是他和另一个人共同发现了自然选择规律。在 1842 年和 1844 年，达尔文曾写了两篇供他自己参考使用的有关进化的短文。直到 1854 年左右，他才开始尝试着整理那些堆积如山的资料。1856 年，赖尔尽管当时还不是一个进化论者却催促他早些发表自己的观点，以免被别人抢先了。达尔文则缓慢而有条不紊地开始他的著作，其内容出奇地详细，必须要有好多卷书才能表达完他的意思，当工作到大约一半时他受到了很大的震动，因为他收到了另一个在马来亚工作的博物学家华莱士的一封信，信中还附了一篇短文《论变种无限地离开其原始模式的倾向》。华莱士想征求达尔文对这篇短文的看法，如果有什么价值的话，他还希望达尔文把这篇文章转交给赖尔。达尔文看完华莱士的短文后，就像遭到雷击一样感到极大的震惊，他发现华莱士的思想和他自己的几乎完全一样。华莱士的文章，与他自己在 1844 年“写得很糟”的短文不同，“表达得非常清楚，令人羡慕”。如果听任他自己处在这个危机中的话，达尔文很可能已从这个潜在的争取优先权的战役中退下来了。然而对达尔文来说有幸的是，赖尔和胡克作为这个事件的调解者和进化思想的拥护者，公正地处理了这件事。华莱士和达尔文的论文很快同时呈递给了林耐学会，并于 1858 年 8 月在《林耐学会记录汇编》中同时发表。经过

这段使人烦恼不安的经历后，达尔文进行了“十三个月又十天”的紧张工作终于发表了著名的《物种起源》一书。

达尔文在自传中宣称“我很少关心人们把这个优先发现的绝大部分荣誉归于我还是归于华莱士”。然而，在给他的朋友赖尔和胡克的信中，他承认一想到他“多年来的优势地位”将要失去，创造进化论的荣誉将要“被粉碎”，心里是多么难以忍受。[60]

华莱士 Alfred Russel Wallace 1823－1913

在对进化论科学的贡献大小问题上，华莱士似乎受到了欺骗。但是如果单靠他的论文，也不大可能产生多大的影响。华莱士似乎只是把这件事当作他本人充满不幸生涯中又一起扫兴的事情，非常逆来顺受地接受了这种看法，即在对进化论做出的贡献上，他的作用是比较小的，他只是这个理论的共同发现者。他宽宏大量地创造出了“达尔文主义”Darwinism 这个词，把这个新的进化理论同它的先驱者们区别开来。[61]

1844 年，华莱士成了莱斯特 Leicester 的大学教师。当时，他对博物学虽然像个外行似的很不熟悉，但却非常热心。他自己所受的教育是“残缺不全的”，他还做过多种工作。1848 年，他说服了由于发现动物天然颜色的拟态现象而出名的昆虫学家贝茨 H. W. Bates 1825－1892 随同他去亚马逊河考察探险。他们俩打算在探险中研究热带地区的自然史，并且通过出售他们沿途的收集物来维持探险的费用。华莱士曾阅读过洪堡 A. von Humboldt 1769－1859 和达尔文的著作，从中受到了启发。在出发时，他已对物种起源问题很感兴趣了。华莱士相信他将会在热带地区发现解决这个“神秘中的神秘”的材料。但在这次冒险中，他却没有得到多大的成功——经历了千辛万苦收集来的东西，在 1852 年返航途中因

船失火都损失了。

在这次灾难打击下恢复过来之后，华莱士在马来群岛上开始了新的研究。他前后共用了八年多的时间 1854—1862 进行观察收集材料。1855 年，他发表了一篇短文“制约新种出现的规律”。现在这篇文章被认为是在达尔文之前对进化理论做出的重要贡献，而在当时却丝毫也没有引起人们的重视。在一场病中，华莱士想起了马尔萨斯的论点，在一闪而过的念头中，他忽然悟出了自然选择可以作为进化的机制，这使他接近于解决这个物种起源问题了。他用了大约两天的时间写了准备出版的论文，题目是“论变种无限地离开其原始模式的倾向”，并且把它寄给了达尔文。当达尔文 1858 年读到这篇短文时，他感到很震惊。“我还从未见过世上竟有如此巧合的事”，他写道，“即使把我 1848 年写的大纲给他，他也不可能写出比这更好的简短摘要。”[62]

达尔文的朋友们暗中有效地为他们解决了优先权问题。华莱士似乎是有礼貌地接受了这种把他放在从属地位的安排。甚至连达尔文本人也觉得华莱士是过度地谦虚了。他说：“您是我从未见过的，使自己受到这样大的委屈而又从不要求公正对待的人。”华莱士出版了一些重要著作，并且作为通俗的科学宣讲者帮助达尔文普及这部进化理论的“福音书”。他的《动物的地理分布》1876 是动物地理学发展的一个标志。他还写了《岛屿上的生物》和《马来群岛》1869 等书，这些书都精细地描述了群岛的动植物区分，也是伟大的旅行记录。

391 华莱士被人们认为是“半个天才，半个怪人”。在晚年，他对唯灵论不单单是感兴趣，而且还发表了他关于这个理论的观点，从而使他的一些朋友感到很难堪。他坚决支持妇女选举权、土地国有化和社会主义思想。如此激进的态度，与他周围的社会环境又显得很不协调。

六　对达尔文主义的反应

以前人们一直认为大自然是上帝的设计，它体现了上帝的意旨，是上帝直接干预的结果。地球则是上帝为了人类的便利而特地创造出来的。长期以来，人们一直对这种关于大自然的概念抱有感情。达尔文和华莱士则向这种观念发起了挑战，推动了思想上的一场革命。达尔文把人们熟悉的自然神学观点作了一番仔细彻底的研究，并且创造了一个唯物主义的和充满着偶然性的世界。在这个世界中，生物和环境之间的适应，不是上帝聪明设计的证明，而是在极其久远的年代里，自然选择对偶然发生的变化起作用的结果。这种作用与个人的情感毫无关系。一些教士们急急忙忙地把一种关于大自然的新的概念和上帝与世界的关系二者连在一起。如钱伯斯便已经提出过的：把进化看做和更光辉灿烂的上帝概念一致并不是不可能的，即使这种上帝的概念更加遥远更加抽象。至于其他的人们，则对大自然是上帝的设计是如此深信不疑，以致于对任何稍有改变的思想都根本无法接受。

达尔文的慢性疾病和他坚决避免一切争论的决心几乎损害了进化论科学的发展。对达尔文来说幸运的是这场战斗是由一些特别好战、意志坚定和聪明机智的科学家进行的。其中为首的是赫胥黎和海克尔。斯宾塞和其他一些人则积极地把达尔文的观点应用于社会科学上去。戈德施米特 R. Goldschmidt 在《来自记忆的印象》一书中很好地描述了海克尔的著作对一个年轻人思想的影响。读了海克尔关于创造历史的论述后，这位青年感到“关于天国和大地的所有问题都简单明了而令人信服地解决了，引起年轻人烦恼的一切疑问都有了答案。进化论是解答一切问题的钥匙，它能代替正

在被抛弃的各种信念和教义。"[63]

赫胥黎 Thomas Henry Huxley 1825－1895

赫胥黎由于对进化理论进行的辩护而被人称做"达尔文的猎犬"，这个压抑不下自己热情的人凭其本身的才能和学问，就有资格称得上是个出色的科学家。达尔文在自传中，称赫胥黎是个聪明机智的人，在理解力和思维的敏捷方面更为突出。与富有的达尔文能够接受良好的尽管是单调的教育不同，赫胥黎只在八岁到十岁间受过两年正式教育。不幸的赫胥黎是有八个孩子的雷切尔 Rachel 和乔治·
392 赫胥黎 G. Huxley 的第七个孩子，他父亲是个不成功的小学校长。赫胥黎靠着自学成了一个科学家，并且广泛地读了大量书籍。此外，他还自学了法语、拉丁语、德语、意大利语和希腊语。

像达尔文和华莱士一样，赫胥黎也曾长期地坐船到国外的许多地方旅行，在旅行中发展自己的才能，成了一个博物学家。他的工作异常惊人，他曾写了一百五十多篇研究论文，其内容相当广泛，包括动物学、古生物学、地质学、人类学和植物学等各个领域。他还编写了十种科学教科书、论文集，发表了许多关于教育、宗教和伦理学方面的争论性文章。他创造的几个词汇，如生源说 biogenesis、不可知论的 agnostic、噬主教的 bishipophagous 指的是在他著名的辩论中可以吃光教士们的能力等，至今还在科学上经常使用。赫胥黎的成功部分地依赖于他的语言能力，无论是口头的还是书面的，他的发言都极其精彩。他的孙子朱利安·赫胥黎 Julian Huxley 和阿杜斯·赫胥黎 A`dous Huxley 也继承了这个传统。

赫胥黎最有名的一场辩论是和威尔伯福斯 Wilberforce 主教当时很有名气的"油滑的山姆"进行的。事情发生在

1860 年 6 月牛津大不列颠学会的会议上。赫胥黎不愿参加这个会议，因为他不喜欢牛津的中世纪风气，也不想成为“主教的猛烈敲打对象”，但后来他被钱伯斯说服，参加了这次会议。当时钱伯斯仍然是《遗迹》的匿名作者。这次会议争论的焦点是达尔文的《物种起源》一书，可是达尔文却引人注目地缺席了。显然这个题目受到了人们极大的关注，七百名左右的听众把演讲大厅挤得水泄不通，都想听听主教对这个可怕的“猴子理论”的谴责。这群人对达尔文主义非常敌对，所以对主教的演说报以热烈的掌声。但是赫胥黎却清楚地知道这位主教对科学的进化论是如何地一窍不通。演说到最后，主教转向赫胥黎，斯文地问道：“请问这位宣称自己是猴子后裔的先生，您是通过祖父还是通过祖母接受了猴子的血统的呢?”赫胥黎于是知道接下来他便可以粉碎这个敌手。他简明地阐述了达尔文的观点，揭露了主教的愚昧无知。临结束时，他说他宁愿“要一个可怜的猿猴作为自己的祖先”也不要一个运用自己优厚的天赋和巨大的影响，却把嘲讽奚落带进庄严的科学讨论”的人作祖先。这样，赫胥黎便巧妙地把这位主教大人比得连一只猴子也不如了。[64]

达尔文主义的影响

十九世纪中，在生物科学其它分支，如细菌学和生理学所取得的成就比起进化论来，已经对人类的生活和健康产生了更大的作用，但是就对人类思想产生的影响来说，没有一门学科能和进化论相比拟。进化理论扩展到了许多领域，远远地超出达尔文一般把自己局限在内的生物学领域。达尔文的著作被许多社会运动和哲学派别当做“科学证据”而加以引用。这些社会运动和哲学派别，包括完全背道而驰根本对 393
立的社会主义和法西斯主义、共产主义和资本主义，无神论

和进化神学[①]等。在美国，即使在大学的生物学教科书中，进化论并不占有一席地位，但在科学家、知识分子、商人和提倡"命定论"[②]的政客中间，达尔文主义却可以找到同情者而被人们接受。

许多人从进化论科学中看到了政治上和经济上的信息。既然目前的状态是自然界长期进化的产物，那么任何一个事物就必然会处于它目前所处的那个状态。因此人们必须忍受当前工业社会的苦难，因为这是不可抗拒的自然规律活动的结果。"革新"是一种损害进化规律的尝试。这样的革新将会误入歧途也是枉费心机的，是对自然过程和自然规律的作用所作的危险的干涉。达尔文的著作写得这么多修改得这么频繁，而含意又是这么模糊不清，以致于各方面的人都可以宣称对达尔文"圣经"的正确解释对他们是有利的，而且只是对他们有利。达尔文则安静地待在他隐蔽的达温村，听任各种"社会达尔文主义"的发展既不加以鼓励也不进行阻止。

社会达尔文主义[③]

社会达尔文主义是"进化规律"应用于人类社会的学说，这个学说的详尽阐述和充分发挥是和斯宾塞的名字紧紧连在一起的。斯宾塞是个铁路工程师和发明家，后来成了新闻工作者。他写了许多论述哲学、社会学、教育和科学的著作，其中特别重要的是《生物学原理》一书，它是联系一般平民读者和科学家的环节。此书出版前，他和胡克曾仔细地核对过其中的许多内容，赫胥黎则把斯宾塞关于灾难和不幸的观点描写成是一种被一件事实所毁灭的理论。

① 进化神学是按神的预定目标而进化的论调。
② 主要指一种认为某一民族扩张其领土系天命所定的反动史观。
③ 早期的一种社会学理论，英国斯宾塞搬用达尔文进化论来解释社会现象。这种理论混淆了生物和社会两种性质不同的现象。

按照斯宾塞的观点，社会和一个生物有机体相似，社会有机体中的变化必须用进化过程的尺度来衡量。在非常遥远的将来，社会不可避免地会进化到一个更好的状态。某些社会达尔文主义者采用了马尔萨斯主义的斗争观点，对社会进化抱有一种悲观态度；另一些社会达尔文主义者则对社会不可避免的进步极其乐观。但是所有的社会达尔文主义者都同意，大自然总是选择着最优秀的和最能适应环境的人们，并给他们以报偿。最优秀的，也就是最能适应环境的。他们的标志是财富和社会地位。而不能适应环境的人们则是“粗心马虎、偷懒、效率低、愚蠢和鲁莽者”。进化规律的作用是不可抗拒的：适者将得到报偿，不适者则被消灭。这就使有些观察者评论说，整个“科学的”外壳不是别的，只不过是“生物学上的加尔文主义”Calvinism 罢了。当适者担心无法防止不适者的增殖时，他们将极力主张繁殖他们自己的后代。

正是在富人和穷人具有不同的生育力的这一点上，生物 394
学达尔文主义和社会达尔文主义之间的相似性遭到了破产。任何一个人，只要严格地分析一下两者的相似性，这种具有讽刺意味的所谓“相似”，其虚假性将是显而易见的。对生物学来说，衡量适应和竞争的成功与否，其标志是幸存者的多少和生殖力的强弱，即适应者留下了更多的后代；对社会来说，衡量成功的标志是积累财富的多少而不是后代的数量。事实上，美国人是在担心自己的国家正在经历着“种族自杀”，因为适者在争夺财富的斗争中耗尽了精力，他们不会在留下后代这类事情上尽自己的本分；与此相反，不适者则什么也不做，只是不断地产生像他们一样的不适应社会竞争的后代。达尔文的表兄弟高尔顿发展了他的优生学“科学”，大大地刺激了这种恐惧心理。

与社会达尔文主义的“狗咬狗”观点相敌对的人终于起

来还击了，他们对人类社会的发展持有不同的看法。沃德 L. Ward、杜威 J. Dewey 和实用主义者们声明，他们仍然是相信达尔文主义的，但是谴责社会是建立在斗争和竞争基础上的观点。克鲁泡特金 P. Kropotkin 1842－1921 的《互助》一书是最早用合作而不是用竞争来重新解释达尔文主义的著作之一。刺激克鲁泡特金写作此书的动机是他想回击赫胥黎关于竞争在进化中作用的刺耳描述。

克鲁泡特金是个俄罗斯王子，后来成了一个无政府主义－虚无主义活动家。他曾对满洲里和西伯利亚的动、植物区系进行过许多调查，他的许多生物学观点就是由调查的结果发展来的。这些地方当然不像伊甸乐园，生存斗争之残酷和激烈应该表现得特别明显。然而，克鲁泡特金却发现许多竞争只是在种间进行，种内斗争的例证则几乎没有。因此，他提出了一种假设，认为除了“斗争的规律”外，还存在一个“相互帮助和相互支持的规律”，这后一个规律是促进许多物种进化的首要因素。他争辩说这个规律可以在达尔文《人类的由来》一书中找到，至少是含蓄地包含着这种意思。物种内部休戚相关的意识产生了一种本能，是这种本能推动了社会性昆虫的活动，也是这种本能导致野狼成群结队地猎食。很显然，自然界中存在的既不全是无情的斗争，也不全是和睦与融洽。当前的“社会生物学”研究倾向于支持克鲁泡特金的“互助”观点。

那些赞扬或谴责达尔文的人常常不能理解他。甚至那些随便地谈论“命定论”和“种族纯洁性”的人还谴责把进化论引入大学课程内。在讲授进化论的论争中最有名的例子是“斯科普斯审判案”。田纳西州历史学会把这个事件刻在一块石碑上，并把这块碑立在戴登 Dayton 法院的庭院里作为纪念。碑上写着：

从1925年7月10日到21日，县立中学教师斯科普斯(J. T. Scopes)试图解释人是从猿猴变化而来的理论，触犯了最近通过的州法律。起诉人：布赖恩(W. J. Bryan)；辩护人：达罗(C. Darrow)，海斯(A. G. Hayes)和马隆(D. F. Malone)。斯科普斯被宣判有罪。此记。 395

在1972年，有名的"猴子审判案"已经过去近半个世纪了，有人对戴登的中学生进行了一次调查，调查的结果表明还有四分之三的学生至今仍然相信钦泽《圣经》中关于创世的观点，而不相信达尔文的进化学说。对斯科普斯的审判案在全国虽曾轰动一时，而它产生的结果却还远不是明朗的。虽然斯科普斯被判决有罪，但这个判决由于违背有关法规，后来还是被撤消了。进化论者把这看做是现代科学的胜利。然而最近对小学和中学中的科学教育进行的调查表明，在斯科普斯案件以后，进化论的教学水平实际上是下降了。[65] 事实上学校校务委员会受到的压力仍在影响着今天的进化论教学。由于反进化论者的活动：近来的趋势是或者取缔讲授进化论或者要求用"相同时间"来讲授《创世纪》中描绘的"特创论"。这已产生了许多问题，如：政教分离问题，在公立学校讲授有争议课程的问题，以及科学家与群众沟通思想的问题。[66]

在科学史上，关于进化论的争论比任何其它的插曲更清楚地表明，科学并不只是局限于实验室的工作，也不单单是对事实进行分类。科学对社会有深远的影响，它是思想和文化历史中必不可少的一部分。没有任何一个科学分支会比进化论激起更多的社会异议，也没有任何一个科学理论会像进化论这样，被各种为自己的理论寻找科学证据的支持者们利

用并搀杂讹传。

从科学上说，达尔文工作的最薄弱环节是他的“泛生论” pangenesis。这个学说相当混乱，仅仅是一个没有事实根据的假说，达尔文则想通过它来解释遗传的机制。对遗传的机制，达尔文是一无所知的，而一个叫做孟德尔 G. Mendel 的无名修道士，却正在用普通豌豆做着古怪的实验，并进而阐明了遗传学的基本规律。我们将在第十三章中介绍这些情况。

注 释：

1. W. Coleman(1971). *Biology in the Nineteenth Century*. New York: Wiley, p. 2.

2. J. Fruton(1972). *Molecules and Life*. New York: Wiley – Interscience, p. 181.

3. A. O. Lovejoy(1964). *The Great Chain of Being*. Cambridge: Harvard University Press.

4. E. Topsell(1658). *The History of Four – Footed Beasts and Serpents and Insects: Taken principally from the "Historiae Animalium" of Conrad Gesner*. 3 vols. *Reprinted* 1967. New York: Da Capo(Facsimile of 1658 edition.)

5. E. Mayr(1963). *Animal Species and Evolution*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, p. 14.

6. E. Nordenskiold(1936). *The History of Biology*. New York: Tudor, p. 202.

7. C. Raven(1942). *John Ray Naturalist*. Cambridge: Cambridge University Press.

8. N. Gourlie(1953). *Carl Linnaeus: The Prince of Botanists*. London: Witherby.

9. C. Linnaeus(1964). *Systema Naturae, 1733*. Nieuwkoop, Holland: De Graaf, p. 23.

10. Linnaeus, pp. 7, 11.

11. E. L. Green(1907). Linnaean Memorial Address: *Proc. Wash. Acad. Sciences* 9: 241 – 272, p. 262.

12. Linnaeus, p. 26.

13. A. R. Hall(1966). *The Scientific Revolution 1500 – 1800*. Boston: Beacon, p. 295.

14. Linnaeus, p. 61.

15. C. L. Porter(1967). *The Taxonomy of Flowering Plants*. San Francisco: Freeman, pp. 65 – 66.

16. E. L. Greene(1909). Linnaeus as an Evolutionist. *Proc. Wash. Acad. Sci.* 11:

17 – 26; L. Eisley(1961). *Darwin's Century*. New York: Anchor.

17. B. De Maillet(1968). *Telliamed*. Translated by A. V. Carozzi. Urbana: University of Illinois Press, p. 230.

18. P. L. Maupertuis(1966). *The Earthly Venus*. Translated by S. B. Boas. New York: Johnson Reprint, p. xxi.

19. Maupertuis, p. 4.

20. C. Darwin(n. d.). *The Origin of Species and the Descent of Man*. New York: Modern Library, p. 3.

21. Lovejoy, p. 230; P. Farber(1972). Buffon and the Concept of Species. *J. Hist. Biol. 5*: 259 – 284; D. L. Hall(1965). The Effect of Essentialism on Taxonomy. *Brit. J. Phil. Sci. 15*: 314 – 326; *16*: 1 – 18.

22. Lovejoy, p. 230.

23. F. M. Broodie(1974). *Thomas Jefferson*. New York: Norton, pp. 155, 34, 194.

24. A. S. Packard(1901). *Lamarck, The Founder of Evolution*. New York: Longmans, Green.

25. Darwin, pp, 3 – 4.

26. J. B. Lamarck(1809). *Zoological Philosophy*. Translated by H. Elliot. (1914). London: MacMillan.

27. Lovejoy, p. 251.

28. Lamarck, pp. 169 – 170.

29. Lamarck, p. 173.

30. E. S. Russell(1916). *Form and Function*. London: Murray, p. 55.

31. D. King – Hele(1968). *Erasmus Darwin*. New York: Scribner.

32. F. Darwin, ed. (1958). *The Autobiography of Charles Darwin and Selected Letters*. New York: Dover, p. 13.

33. E. Darwin(1794 – 1796). *Zoonomia*. 2 vols. London: Johnson, Vol. 1, p. 572; E. Darwin(1803). *The Temple of Nature*. London: Johnson. p. 28.

34. G. Cuvier(1837). *The Animal Kingdom*. Translated from the French. London: Henderson, p. xiii.

35. Cuvier, p. 8.

36. R. Chambers(1969). *Vestiges of the Natural History of Creation*(1844). New York: Humanities.

37. M. Millhauser (1959). *Just Before Darwin: Robert Chambers and*

Vestiges. Middletown: Wesleyan University Press.

38. Chambers, p. 152ff.

39. Chambers, p. 204.

40. Chambers, p. 230.

41. Chambers, p. 344.

42. C. C. Gillispie(1959). *Genesis and Geology*. New York: Harper Torchbook.

43. Eiseley, p. 79; A. Geike(1962). *The Founders of Geology*. 2nd Ed. New York: Dover.

44. Gillespie, p. 112.

45. Geike, p. 45.

46. F. Darwin, Chapter 1, "The Darwins", Chapter 2, "Autobiography."

47. C. Darwin, p. 11.

48. F. Darwin, pp. 29 – 30.

49. R. Colp(1977). *To Be an Invalid: The Illness of Charles Darwin*. Chnicago: University of Chicago Press.

50. F. Darwin, p. 184.

51. J. D. Burchfield(1975). *Lord Kelvin and the Age of the Earth*. New York: Science History Publications.

52. Eiseley, pp. 209 – 11, 214 – 216.

53. Darwin, p. 390.

54. Darwin, p. 867.

55. B. Campbell (1972). *Sexual Selection and the Descent of Man, 1871 – 1971*. Chicago: Aldine Publishing.

56. G. B. Kolata(1977). Sexual Dimorphism and Mating Systems: How Did they Evolve? *Science 195*: 382 – 383.

57. F. Darwin, p. 7.

58. Darwin, p. 390.

59. C. Darwin(1965). *The Expression of the Emotions in Man and Animals*. Chicago: University of Chicago Press, Introduction.

60. F. Darwin, p. 45, 196 – 198.

61. A. R. Wallace(1891). *Darwinism, an Exposition of the Theory of Natural Selection With Some of Its Applications*. London: MacMillan.

62. F. Darwin, p. 196.

63. R. Goldschmidt(1956). *Portraits from Memory*. Seattle: University of Washington Press, p. 35.

64. T. H. Huxley(1959). *Man's Place in Nature*. Ann Arbor. University of Michigan Press, Introduction by A. Montague, pp. 2 – 3.

65. J. V. Crabiner and P. D. Miller(1974). Effects of the Scopes Trial. *Science 185*: 832 – 837.

66. D. Nelkin(1976). The Science Textbook Controversies. *Sci. Amer.* 234: 33 – 39.

参考文献:

Adams. F. D. (1938). *The Birth and Development of the Geological Sciences*. New York: Dover.

Appleman, p., ed. (1976). *Thomas Robert Malthus: An Essay on the Principle of Population, Text, Sources and Background Criticism*. New York: Norton.

Appleman, P., ed. (1970), *Darwin*. New York: Norton.

Bailey, E. B. (1967). *James Hutton – the Founder of Modern Geology*. New York: Elsevier.

Bailey, E. B. (1962). *Charles Lyell*. Carden City: Doubleday.

Barzun, J. (1958). *Darwin, Marx, Wagner*. Carden City: Doubleday.

Bennet, A. W. (1870). The Theory of Selection from a Mathematical Point of View. *Nature 3*: 30 – 31.

Bibby, H. C. (1959). *T. H. Huxley: Scientist, Humanist and Educator*. London: Watts.

Bibby, H. C., ed. (1967). *The Essence of T. H. Huxley*. London: MacMillan.

Blum, H. F. (1968). *Time's Arrow and Evolution*. Princeton: Princeton University Press.

Bonney, T. G. (1895). *Charles Lyell and Modern Geology*. New York: MacMillan.

Brunet, P. (1929). *Maupertuis*. Paris: A. Blanchard.

Burchfield, J. D. (1975). *Lord Kelvin and the Age of the Earth*. New York: Science History Publications

Campbell, B. (1972). *Sexual Selection and the Descent of Man, 1871 – 1971*. Chicago: Aldine.

Cannon, H. G. (1959). *Lamarck and Modern Genetics*. Springfield, Ill.: Thomas.

Chambers, Robert(1844). *Vestiges of the Natural History of Creation*. London: Churchill.

Coleman, W. (1964). *Georges Cuvier, Zoologist*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Colp, R. (1977). *To Be an Invalid: The Illness of Charles Darwin*. Chicago: The University of Chicago Press.

Cox, L. R. (1948). William Smith and the Birth of Stratigraphy. *International Geological Congress*: 18th Session.

Cuvier, G. (1837). *The Animal Kingdom, arranged according to its organization, serving as a foundation for the natural history of animals*. Translated from the French. London: Henderson.

Darwin, C. (1962). *The Voyage of the Beagle*. Garden City: Doubleday.

Darwin, C. (1859). *The Origin of Species by Means of Natural Selection or The Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. Edited and Introduced by J. W. Burrow(1968); from Darwin's 1859 edition. Maryland: Penguin.

Darwin, C. (n. d.). *The Origin of Species and the Descent of Man*. New York: Modern Library.

Darwin, C. (1872). *The Expression of the Emotions in Man and Animals*. Republished in 1965. Chicago: The University of Chicago Press.

Darwin, C. (1868). *The Variation of Animals and Plants under Domestication*. 2 vols. London: Murray.

Darwin, C. (1868). *On the Various Contrivances by which British and Foreign Orchids are Fertilized by Insects, and on the Good Effects of Intercrossing*. London: Murray.

Darwin, C. (1875). *The Movements and Habits of Climbing Plants*. London: Murray.

Darwin, C. (1876). *The Effects of Cross and Self – Fertilization in the Vegetable Kingdom*. London: Murray.

Darwin, C. (1880). *The Power of Movement in Plants*. London: Murray.

Darwin, C. (1881). *The Formation of Vegetable Mould, Through the Action of Worms, with observations of their Habits*. London: Murray.

Darwin, C. and Wallace, A. R. (1858). On the tendency of species to form varieties, and on the perpetuation of varieties and species by natural means of selection. *Proc. Linnean Soc.*

Darwin, F., ed. (1958). *The Autobiography of Charles Darwin and Selected Letters*. New York: Dover.

de Beer, G. (1963). *Charles Darwin; Evolution by Natural Selection*. New York: Nel-

son.

de Beer, G. (1964). *Atlas of Evolution*. London: Nelson.

Dobzhansky, T. (1951). *Genetics and the Origin of Species*. 3rd Ed. New York: Columbia University Press

Dobzhansky, T. (1955). *Evolution, Genetics and Man*. New York: Wiley.

Drachman, J. M. (1930), *Studies in the Literature of Natural Science*. New York: MacMillan.

Dupree, A. H. (1959). *Asa Gray 1810 – 1888*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Eiseley, L. (1958). *Darwin's Century: Evolution and the Men Who Discovered It*. Garden City: Doubleday.

Eiseley, L. (1959). Charles Lyell. *Sci. Amer. 201*: 98 – 106.

Eiseley, L. (1960). *The Firmament of Time*. New York: Atheneum.

Flourens, P. M. J. (1858). *Histoire des Travaus de Georges Cuvier*. Paris: Carnier.

Fothergill, P. G. (1952). *Historical Aspects of Organic Evolution*. London: Hollis and Carter.

Garn, S. M. (1961). *Human Races*. Springfield, Ill.: Thomas.

Geige, Sir Andrew (1962). *The Founders of Geology*. New York: Dover.

George, W. (1964). *Biologist Philosopher, A Study of the Life and Writings of Alfred Russel Wallace*. New York: Abelard – Schuman.

Gillispie, C. C. (1959). *Genesis and Geology*. New York: Harper Torchbook.

Gillispie, C. C. (1958). Lamarck and Darwin in the history of science. *Amer. Sci. 46*: 388 – 409.

Glass, B., ed. (1959). *Forerunners of Darwin: 1745 – 1859*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.

Gourlie, N. (1953). *Carl Linnaeus: The Prince of Botanists*. London: Witherby.

Grabiner, J. V., and Miller, P. D. (1974). Effects of the Scopes Trial: Was it a victory for evolutionists? *Science 185*: 832 – 837.

Grant, S. (1884). *Story of the University of Edinburgh*, London: Longmans, Green.

Gray, A. (1963). *Darwinia*. Edited by A. H. Dupree. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Green, J. C. (1959). *The Death of Adam: Evolution and Its Impact on Western Thought*. Iowa: The Iowa State University Press.

Gruber, H. F. (1974). *Darwin on Man. A Psychological Study of Scientific Creativity, Together with Darwin's Early and Unpublished Notebooks*. New York: Dutton.

401 Hallam, A. (1973). *A Revolution in the Earth Sciences: From Continental Drift to Plate Tectonics*. Oxford: Clarendon.

Himmelfarb, G., ed. (1960). *Thomas Robert Malthus, on Population*. New York: Modern Library.

Himmelfarb, G. (1968). *Darwin and the Darwinian Revolution*. New York: Norton.

Hofstadter, R. (1955). *Social Darwinism in American Thought*. Revised Edition Boston: Beacon.

Hooton, E. A. (1946). *Up From the Ape*. New York: MacMillan.

Huxley, F. (1959). Reappraisals of Charles Darwin: Lift and Habit. *Amer. Scholar* Autumn, pp. 489 – 499; Winter, pp. 85 – 93.

Huxley, J. (1943). *Evolution, the Modern Synthesis*. New York: Harper.

Huxley, J. (1953). *Evolution in Action*. New York: Harper.

Huxley, J. (1959). *The Living Thoughts of Darwin*. Grennwich: Fawcett.

Huxley, L. (1900). *The Life and Letters of Thomas H. Huxley*. 2 vols. New York: Appleton.

Huxley, T. H. (1909). *Autobiography and Selected Essays*. Boston: Houghton Mifflin.

Huxley, T. H. (1959). *Man's Place in Nature*. Michigan: The University of Michigan Press.

Irvine, W. (1972). *Apes, Angels, and Victorians. The Story of Darwin, Huxley, and Evolution*. New York: McGraw – Hill.

Jenkin, Fleeming (1867). "The Origin of Species." *North British Review 46*: 149 – 171.

Judd, J. W. (1896). *The Student's Lyell*; a manual of Elementary Geology. New York: Harper.

Kettlewell, H. B. D. (1959). Darwin's Missing Evidence. *Sci. Amer. 200*: 28 – 53.

Keynes, J. M. (1933). *Essays in Biography*. New York: Harcourt, Brace.

King – Hele, D. (1963). *Erasmus Darwin: Doctor, Scientist, Poet, Inventor and Talker*. New York: Scribner.

King – Hele, D., Ed. (1968). *The Essential Writings of Erasmus Darwin*. London: MacGibbon and Kee.

Koestler, A. (1971). *The Case of the Midwife Toad*. New York: Random House.

Kolata, G. B. (1977). Sexual Dimorphism and Mating Systems: How Did they Evolve? *Science 195*: 382 – 383.

Krause, E. (1880). *Life of Erasmus Darwin*. New York: Appleton.

Kropotkin, P. (n. d.) . *Mutual Aid, A Factor in Evolution* and T. H. Huxley "*The Struggle for Existence.*" Boston: Extending Horizons.

Kurten, B. (1972). *Not From the Apes*. New York: Vintage.

Lamarck, J. B. (1809). *Zoological Philosophy, an Exposition with Regard to the Natural History of Animals*. Translated by Hugh Elliot. London: MacMillan.

Larson, J. L. (1971) . *Reason and Experience. The Representation of Natural Order in the Work of Carl von Linne*. Berkeley: University of California Press.

Loewenberg, B. J. (1959) . *Darwin, Wallace, and the Theory of Natural Selection*. Cambridge: Arlington.

Lovejoy, A. O. (1964) . *The Great Chain of Being*. Cambridge, Mass. : Harvard University Press.

Lyell, C. (1892) . *Principles of Geology; or the Modern Changes of the Earth and Its Inhabitants Considered as Illustrative of Geology*. Lnodon: Murray.

Lyell, K., ed. (1881). *Life, Letters, and Journals of Sir Charles Lyell*. London: Murray.

Macbeth, N. (1971). *Darwin Retired*. New York: Dell.

Marchant, J. (1916) . *Alfred Russel Wallace; Letters and Reminiscences*. New York: Harper.

Maupertuis, P. L. (1966) . *The Earthly Venus*. Translated by S. B. Boas. Sources of Science, No. 29. New York: Johnson Reprint.

Mayr, E. (1972). The Nature of the Darwinian Revolution. *Science 176*: 981 – 989.

McKinney, L. L. (1972). *Wallace and Natural Selection*. New Haven: Yale University Press.

Millhauser, M. (1959) . *Just Before Darwin: Robert Chambers and Vestiges*. Middletown: Wesleyan University Press.

Nelkin, D. (1976). The Science Textbook Controversies. *Sci. Amer. 234*: 33 – 39.

Newman, H. H. (1932) . *Evolution Yesterday and Today*. Baltimore: Williams and Wilkins.

Olby, R. C. (1967). *Charles Darwin*. London: Oxford University Press.

Oparin, A. I. (1953) . *The Origin of Life*. 2nd Ed. Translated by S. Morgulis. New York: Dover.

Osborn, H. F. (1894). *From the Greeks to Darwin*. New York: MacMillan.

Packard, A. S. (1901). *Lamarck, the Founder of Evolution*, New York: Longmans, Green.

Peattie, D. C. (1937). *Green Laurels*. London: Harrap.

Peterson, K. (1961). *Prehistoric Life on Earth*. New York: Dutton.

Phillips, J. (1844) *Memoirs of William Smith, LL. D*. London: Murray.

Playfair, J. G. (1822). *The Works of John Playfair*. Edinburgh: Constable.

Playfair, J. G. (1805). Biographical Account of the late Dr. James Hutton. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh* 5: 39.

403 Poulton, E. B. (1909). *Charles Darwin and the Origin of Species*. London: Longmans, Green.

Radl, E. (1930). *The History of Biological Theories*. Translated by E. J. Hatfield. London: Oxford University Press.

Raven, C. E. (1942). *John Ray Naturalist*. Cambridge: Cambridge University Press.

Rudwick, Martin J. S. (1972). *The Meaning of Fossils: Episodes in the History of Palaeontology*. New York: American Elsevier.

Russell, E. S. (1916). *Form and Function: A Contribution to the History of Animal Morphology*. Reprinted 1972. London: Gregg International.

Russett, C. E. (1976). *Darwin in America: The Intellectual Response 1865–1912*. San Francisco: Freeman.

Schmidt, O. (1895), *The Doctrine of Descent and Darwinism*. New York: Appleton.

Schofield, R. E. (1963). *The Lunar Society of Birmingham*. Oxford: Clarendon.

Sears, P. B. (1950). *Charles Darwin, the Naturalist as a Cultural Force*. New York: Scribner.

Sheppard, T. (1917). William Smith: His Maps and Memoirs. *Proceedings of the Yorkshire Geological Society* 19: 75.

Simpson, G. G. (1967). *The Meaning of Evolution*. New York: Bantam.

Smith, D. E. (1923). *History of Mathematics*. Vol. I. Boston: Ginn.

Smith, H. W. (1953). *From Fish to Philosopher*. Boston: Little, Brown.

Spencer, H. (1893). The Inadequacy of Natural Selection. *Popular Science Monthly* 42: 807.

Stauffer, R. C., ed. (1975). *Charles Darwin's Natural Selection. Being the Second Part of His Species Book Written from 1856 to 1858*. New York: Cambridge University

Press.

Taton, R., ed. (1963 – 1966). *History of Science*. 4 vols. Translated by A. J. Pomerans. New York: Basic Books.

Tax, S., ed. (1960). *Evolution after Darwin*. 3 vols. Chicago: University of Chicago Press.

Thompson, S. P. (1910). *The Life of William Thomson*. London: MacMillan.

Wallace, A. R. (1899). *The Wonderful Century*. New York: Dodd, Mead.

Wallace, A. R. (1891). *Darwinism*. London: MacMillan.

Wallace, A. R. (1905). *My Life*. New York: Dodd, Mead.

Wendt, H. (1955). *In Search of Adam*. Boston: Houghton Mifflin.

Williams, E. A (1966). *Darwin's Moon: A Biography of Alfred Russell Wallace*. London: Blackie.

Wilson, E. O. (1975). *Sociobiology: The New Synthesis*. Cambridge: Belknap Press of Harvard University Press.

Wilson, L. G. (1970). *The Species Notebooks of Charles Lyell*. New Haven: Yale University Press.

Woodward, H. B. (1911). *History of Geology*. London: Watts.

第十三章　遗传学

一　崭新的科学——古老的问题

遗传学是人类知识中最新成就和最古老部分的奇妙结合体。正如“生物学”这个术语是十九世纪初为了代替已经过时的“自然哲学”而被创造出来的一样，“遗传学”这个术语则是二十世纪初用来表达和代替自古以来对于“传宗接代”或“世袭性质”等本质的猜测而创造出来的。1923 年，哈佛大学生物学教授惠勒 W. M. Wheeler 博士把遗传学看做是自然史的新分枝，它是“如此地富有希望，如此地具有内在的潜力。但是，遗憾得很，它的基础却被限制得如此狭窄”。[1] 惠勒博士极为担忧这个萌芽将被扼杀。但是在 1959 年，当大生物学家赖特 S. Wright 重新估价遗传学的地位和形势时，他已能说遗传学非但没有被扼杀，相反它已经成了所有生物科学发展的新根源。他认为整个生物学领域将由于遗传学而变成一个统

一的学科，最后并将同物理学媲美。[2] 在十九世纪时，物理学正是在发现了一些基本规律之后才实现了统一并变得如此完美；而遗传学要在那时却不可能看到这些基本规律。

自古以来，繁殖方式多样性和幼体发育差异性的原因，使自然哲学家长期感到迷惑不解。繁殖既可以在体内进行，也可以在体外进行，幼体"出生"时既可以是卵、蠕虫、幼虫或与其亲代相似的小动物，也可以在形态上与其成体完全不同。科学家的研究则既可以集中在两种现象的相似性上，也可以集中在其差异性上。所研究的生殖类型是如此奇异多样，同时却又没有一种理论的框架能把他们的观察联系起来。因此科学家们对遗传的奇特现象迷惑不解，不能理解十九世纪六十年代孟德尔所系统阐明的遗传基本规律就不足为奇了。但是一旦知道了这些遗传规律，在信息传递中所隐藏着的根本机理就暴露出来了。它原来是这样的简洁和奇妙。那么为什么遗传学一直要延迟到二十世纪才能得到发展呢？

古老的信念和神话

阻碍遗传学作为一门科学而发展的最大障碍也许并不是由于科学家们对这一课题了解得太少，而是因为各人所掌握的关于遗传的资料"太多"——其中大多数是错误的。在生物学其它领域内，再没有比遗传学领域中有更多的传统错误了，这些错误是把宗教和科学的概念相混淆而造成的。石器时代的信念直到太空时代仍然存在。无疑地，早在远古时代，人们就已经知道了两性的重要性以及交配行为与繁殖后代的关系。这种知识当时已运用于实践之中。例如，为了特殊目的对动物和人进行阉割，使之更为有用，更加驯服。虽然直到十七世纪，科学家们才发现植物的性别；但是，在非常遥远的古代，亚述人就已经细心地对枣椰树进行异株传粉，并且还

通过控制雄树和雌树的比例来保证丰产。

奇怪的杂种和畸形怪胎的传说，使流行的关于生殖可能性的概念蒙上了神秘的色彩，同时也增加了混乱。虽然在正常情况下，生殖只涉及同一个种内不同性别的个体，但是，关于各种奇怪生物的神话、传说和故事却使人们更加相信不寻常的交配能产生稀奇古怪的新后代。通常观察到同种间两性的差异有时比不同种但关系较近的同性个体间的差异更大，这可能是促使这一概念产生的原因。神话中的生物，像半人半马的怪物，是人和马的结合物；半牛半人的怪物是人和牛的结合物；很显然这些怪物是动物和人杂交的结果。奇怪的植物和动物往往意味着它们来自不同种的父母。

在古代，人们认为近亲繁殖是有益的。埃及的法老们经常是同他们的姐妹或异父母姐妹结婚的。希腊人则认为叔叔同侄女或舅舅同外甥女结婚很有好处。虽然禁止母亲同儿子的婚配，但是，奥狄浦斯[①] Oedipus 和伊娥卡斯达[②] Jocasta 所生的后代却被认为特别优秀。在腊维梯克斯，杂交实践实际上是被禁止的："不要让你的家畜同别的种交配；不要用混杂的种子进行播种……"尽管鼓励进行近亲繁殖，但《创世纪》中却提到了骡。有一条萨马里亚的箴言问道："呵！骡子，是你的父亲能认出你呢？还是你的母亲能认出你？"[3] 荷马 Homer，黑西德 Hesiod 和柏拉图也提到了这种杂交。恩培多克勒、德谟克利特、亚里士多德和莫泊丢曾讨论过骡子的不育性。许多大科学家，例如亚里士多德和格斯纳，他们十分重视更为稀奇古怪交配的传说。亚里士多德记载了在利比亚不同的物种能在水洞中相遇并交配的情况。尽管它们有各种差异，但只

① 希腊神话中底比斯王子，曾解怪物斯芬克斯的谜语。后误杀父亲并娶母亲、发觉后自刺双目，流浪而死。

② 希腊神话中奥狄浦斯的生身母亲。

要它们大小相似，发情期相同，便能交配。有一条谚语反映了这种信念，即“新东西总是来自利比亚”。[4]

过去，骆驼似乎特别适合于交配试验。人们曾猜想长颈鹿是骆驼和豹杂交的后代，而双峰驼则是普通雌骆驼和野生公猪的后代。更为异乎寻常的是竟然有人认为骆驼同麻雀的交配能产生驼鸟。狗似乎也十分杂乱地试图同狼、狐狸、山羊交配同羊交配产生野猪。狗甚至还冒着生命危险试图同狮子和老虎交配。人类也许曾促进过某些杂交，因为亚里士多德说过，人们有时把雌狗带到偏僻的地方拴起来，“如果老虎正处在发情期，那么它将同狗交配；如果不在发情期，那么它就将狗吃掉，这种伤亡是经常发生的”。[5]

普林尼曾谈到过鳗鲡同蝰蛇在海滩上的交配。蝰蛇会若有所思地把毒汁留在中空的岩石中，然后去同鳗鲡相会。文艺复兴时期的作家还在传说着同样的故事。有些稀奇古怪的关于杂交种的传说似乎产生在比较晚一点的时期。据说马和母牛杂交能产生一种叫“杰玛”的动物，这种动物在十六世纪第一次被报导，并出自许多人之口，其中有格斯纳、包尔塔、奥尔德罗范德斯 Aldrovandus、雷奥米尔、伏尔泰、洛克、布丰、邦尼特、哈勒以及斯巴兰让尼等。洛克是十七世纪的一位伟大哲学家，他报道说他曾亲自看到过一个怪物，这怪物显然是老鼠和猫杂交的后代。对妇女同猿猴交配而产生怪胎他也深信不疑。确实，历史上报道过许多关于人类和动物杂交后产生特殊后代的事件。猿被解释成是人同某种未知的四足动物杂交的产物。十世纪时，人们还曾把海牛解释为是阿拉伯人同鱼的杂交种。

显然，在这个领域内人们曾进行过许多真实的试验，但这些试验并不具有科学的性质。古代希伯来人对进行兽奸者处以死刑。但同时，在其他一些民族中，同动物的交合却是宗

教仪式的一部分。平达 Pindar、希罗多德和斯特拉保 Strabo 都写到，在埃及的某个城市，在对潘神[①] Pan 的祭仪中要由妇女同山羊交媾。普林尼曾引证了妇女生出半马半人的怪物、生出象和大蛇的例子。而在某些情形下，动物则生出了人。普罗泰奇 Plutorch 报道说，有个女孩是由母马所生的；另一个女孩则是驴子的后代。由山羊所生的一个男孩，除了腿像山羊外，其它都像人。在斯堪的纳维亚半岛和俄罗斯，人们普遍地传说被熊抢去的妇女，逃回来后所生的孩子力气特别大。

人们对植物的杂交种也给予想像性的解释。桔子是枸橼嫁接在石榴上形成的；把桔子嫁接在橄榄上可以得到金桔。香蕉则是把枣椰树的种子放入芋属植物的球茎中而获得的杂交种。

《圣经》是理解古代的许多关于遗传理论和动、植物繁殖事实概念方面的钥匙，同时它也是造成混乱的根源。这些混乱是指使用“遗传”这一概念来表示我们从祖先那里所得到的一切，包括合法财产、上帝的赐福、诅咒以及我们身体的特征等等。例如，雅各 Jacob[②]巧妙地利用了巫术的信条，这种信条认为后代会受到其母亲在怀孕期间经历的影响。雅各在为他舅舅看管羊群时，舅舅曾答应把所有有条纹的和有斑点的羊羔都给他。由于这类羊羔非常稀少，雅各把榛木棍上的皮剥成有条纹的式样给母羊看，这样就增加了有条纹羊羔的比例。他不但增加了有条纹羊羔的数目，而且当他发现了这种花招是如何起作用时，就开始应用人工选择的规律。雅各把这种式样的棍子给最好的母羊看，以便使他得到的羊群不但数目更加多，而且长得也更加健壮。直到二十世纪初，人们

408

① 希腊神话中人身羊足，头上有角的畜牧神。
② 《圣经》中人物，犹太人的祖先之一。

仍然接受这样的概念，即母亲的感情能影响到子代的身体和精神特性。这种有关“胎教”的趣事在二十世纪仍有发生，有些著者虽然已经宣称接受魏斯曼的种质理论，但仍然设法相信后天的获得性状是遗传的。[6]

许多神话为古代的人们提供了处女生育、单性生殖和单亲繁殖的例子。雅典娜 Athena[①]全身盔甲，从宙斯 Zeus[②]头中跳了出来。宙斯的妻子赫拉 Hera[③]，不甘落后，因此自己生出了赫斐斯塔司 Hephaestus[④]即火神 Vulcan。由于赫拉不像宙斯那样强而有力，这种生育是有缺陷的，所以赫斐斯塔司是一个跛子。不仅仅神祇们参加了单性生殖，而且“风卵”也没有雄性就能发育，因为它们是由风来授精的。

希波克拉底认为，亲代双方都从血液中通过他们的有性产物贡献出“胚芽”。亚里士多德反对这种理论而支持这样的概念，即认为雄性为胚胎提供了“形式”或蓝图，母体的贡献仅仅是为胚胎提供了“物质”以及作为孵化的装置。虽然亚里士多德是一位敏锐的观察家，并且通常能公正地评价其他学者的报道，但在遗传以及与生殖有关的问题上，他确实使许多错误观念永久地留传下来。他接受了较低等生物能够自然发生的观点和获得性状可以遗传的说法。他记载了这么一件事，一个手臂上有烙印的男人，他所生的儿子在手臂上也有同样的标记。

恩培多克勒认为，子代的性别决定于子宫的热量。亚里士多德解释道，雌性子代是由于缺乏热量而形成的某种缺陷用他的这种理论来解释异性的孪生子是非常困难的。牧羊人试图把

① 希腊神话中的智慧女神。
② 希腊神话中的天后，主神宙斯的妻子。
③ 希腊神话中的主神。
④ 希腊神话中的火和锻冶之神。

“性别由热量决定”的理论应用于实践，他们根据需要希望得到更多的是公羊还是母羊，选择在刮北风或南风的时间刺激交配。其他的自然哲学家相信，子代的性别，早就在父亲的精子里决定了。右边的睾丸产生雄性的精子，左边的睾丸产生雌性的精子。卢克莱修和柏拉图提出了奇怪的概念，他们认为双亲对后代的相对作用，依赖于受孕时父母双方感情浓烈的相对水平。双方热情的程度决定了孩子是更像父亲，还是更像母亲。

二　遗传理论

现代遗传学的产生来自两个方面，即对植物杂交的观察实验和关于变异现象的进化论观点。由于当时对后者的研究大大地超过了前者，以致孟德尔的工作在“达尔文世纪”曾被人们忽视和忘却。但是达尔文及其后继者在遗传问题上的尝试则完全没有成功。因为他们试图从对变异和变化的观察中演绎出遗传的规则。孟德尔则认识到，至关重要的是理解使遗传性状代代恒定的机制。

达尔文的遗传理论

达尔文把对遗传问题的探讨看做是研究亲代的种种性状是如何在外界条件的影响下直接传到子代去的。在他论“变异规律”的著作中，交织着各种混乱的思路，他关于遗传机理的讨论也是如此。在他的遗传理论中最糟的方面，是接受“融合”遗传的设想。他虽然十分大胆地破除了当时流行的自然神学的观点，但却不能克服当时普遍认为的在遗传过程中各种特征混合起来的偏见。这种偏见意味着某个具有独特变异的个体必然同这一种内的普通个体交配。在自然选择使新的变种得到稳定或做出有利于新变种的反应前，这种变异

便会被淹没。第一代将只有变异的百分之五十，第二代只有百分之二十五。达尔文关于融合遗传这种假设的基础是科尔罗伊特 Kölreuter 的"真正杂种的中介定律"。

达尔文虽然广泛地论述了性选择是一种使性状永久存在的方法，而不是只在生存斗争中起暂时的作用。但是他没有认识到有性生殖在导致性状重新分离和重新组合中的重要性。达尔文不是把有性生殖看做种群中产生多样性的手段，而是把它看做产生均一性的途径，这是他十分错误的方面。当然有性生殖不可能是变异的原因。在批评者的压力下达尔文日益依赖于对遗传原因的"温和"解释。就是说达尔文日益把环境对有机体的影响，特别是对生殖系统的影响看做是导致变异并使之永久保持下去的一种方法。达尔文从动物饲养者和园艺家那里收集资料，在某些家养品种中有许多奇怪的和没有意义的特征，达尔文被这种特征的多样性所深深地吸引。这些证据使他确信家养的条件也许真的刺激了变异。

为了使一种普遍的理论结构能把遗传、变异和进化三者都包括在内，达尔文做了勇敢的尝试。在这个尝试中达尔文复活了希波克拉底的遗传理论，重新命名为"暂时的泛生论假设"。1868 年出版的《动物和植物的变异》解释了每一器
410 官、组织和细胞怎样给出达尔文称为"胚芽"的微小"单位"。在生殖器官中，胚芽被装配起来，加入到精子和卵细胞中去。受精时，从双亲方面来的胚芽结合而形成胚胎。新个体的各种特征是由来自母方或是来自父方的胚芽所决定，并不是所有遗传下来的胚芽都需被表达的。因此，没使用的胚芽可以出现在再以后的后代中。这种"隐藏"胚芽能用来解释遗传现象中的隐匿性。

达尔文所考察到的遗传问题中有返祖现象，那就是重新

出现古远亲代而不是直接亲代的特性。亚里士多德曾用这一现象同希波克拉底的泛生论争论。因为希波克拉底似乎相信，在交配过程中放出遗传粒子，并直接传入精液中。达尔文用他所宣称的并非所有的“胚芽”都能够被表达的这种观点来应付这种异议。但是，有时候会有一个个体同时具有雌雄两性的性状，有时候一种性别的第二性征可以通过另外性别的个体来传递，这些现象仍然难以解释。达尔文同样也知道某些性状会“优先传递”显性、有些则会“潜伏下来”隐性。泛生论能解释某些这样的困难问题，以及再生和畸形等问题。如果青蛙或蝾螈的一肢被切除，那么，在血液中循环的肢体胚芽将到达这里，并且在新肢的形成中表现出来。畸形是由于在某些部分错误胚芽的表现而致。尽管这个理论意义不明，而且直到现在还没有被证实，但是，无论它的定义多么含糊不清，它至少具有一个优点，即提出了遗传是以某种颗粒为基础的观点。

达尔文的这个暂时假设也许促进了其他人为了得到更好解释而进行探索，以及作各种实验性的试验。最后泛生论理所当然地湮没无闻。注意下面这点是很有趣的：在十九世纪进化理论完全遮盖了遗传学，使之显得微不足道；到了二十世纪，当遗传学作为一门科学建立起来时，达尔文主义却一度逊色起来。达尔文的进化理论在新达尔文主义同新遗传学结合起来之前，经历了许多盛衰变化而使其传播受到了影响。

植物杂交

最直接导致孟德尔遗传学的是关于植物杂交的研究。对于科学的进展来说，不幸的是，植物学和动物学已趋向于作为彼此相当独立的领域而发展，并且，它们之间的交流也很成问题。达尔文的兴趣广泛，与众不同，他对于植物界和动物

界都具有广博的知识。植物学家对植物的杂交发生兴趣，把它作为植物有性生殖证据的一部分。当然，动物的有性生殖并不需要科学的论证。虽然格鲁 N. Grew 早在 1676 年就提出了植物具有有性生殖，但直到十七世纪九十年代才由卡梅腊鲁斯 R. Camerarius 1665 – 1721 提供了有力的实验证据。零星出现了一些对自然或偶然杂交的观察报道，但第一个系统地进行杂交工作并进行检验的植物学家应该是科尔罗伊德 J. G. Koelreuter。

科尔罗伊德 Joseph Gottlieb Koelreuter 1733 – 1806

在用烟草植物进行实验时，德国植物学家科尔罗伊德成功地获得了他的第一个杂交种。他首先在他的“植物有性生殖的试验和观察初探”中讨论了这些实验。这个工作的主要影响之一，是向林耐所主张的关于植物杂交种的奇怪的概念挑战。林耐简单地假设：任何具有两个已知物种中间特征的植物体必然是杂交种。他毫无顾忌地进行繁殖实验来决定种型的纯度，或者用假设的亲本来重建这样的杂交种。他的学生们提出了一百种以上的“杂交种”名目，其中有六种可能是真的杂交种，其余的杂交组合则是不可能的。

在林耐看来，雄性亲代和雌性亲代对子代的贡献十分不同。在动物杂交中，身体外层和脉管系统是从雄性亲代衍生而来的；而身体内层包括神经系统，则从雌性亲代衍生而来。植物杂交种中同样产生两层系统，并假设叶子和茎的表皮由父本给予；而内部花的中心部分，结实的中心部分以及茎的髓部是由母本给予的。和林耐不同，科尔罗伊德非常谨慎地做了许多杂交试验，并仔细地研究了受精和传粉现象。如果我们注意到，他用了 138 个种进行了五百个以上不同的杂交试验，并且从一千种以上的植物种中研究了花粉粒的形状、大小和颜色，我们便体会到他这些工作的艰巨程度了。

为了避免由于自花授粉而带来的错误，科尔罗伊德发展了人工杂交技术：审慎地去掉花药，用手工进行授粉，然后把花罩起来，防止外源花粉搞乱结果。他认识到虽然在有些情形下，杂交种更像亲本的某一方，但在一般情况下，杂交种的性状通常介乎两种亲本中间。他发现把亲本的两个种雌雄对换一下，仍将得到同样的结果。他还注意到由十分不同的亲本形成的杂交种往往是不育的，但有些杂交种则具有比亲本更强的活力，另外还有些杂交种产生变异很大的后代。这些实验同样证明了预成论者传代理论的天真和无知。科尔罗伊德认为，花粉的"效能"是由"流体"通过某种方式传递的。他还发现，在某些杂交种中，花粉是不育的，但其子房却能用亲本物种的花粉来进行反交。

由于科尔罗伊德十分相信新的物种不可能产生，所以他 412
关心的只是大自然是如何防止杂交的。他发现第一代杂交种 F_1 代的性状相当均一地介于两个亲本之间，而下一代 F_2 代的性状则极其多样化，他认为这种现象是值得注意的。他用某种程度上的"神学和炼丹术"的方式来解释他的发现。对他来说，子二代特有的多样性是它自己干涉自然的结果，就是说，是由于在两个种之间强行进行了交配，而这种交配上帝原来是没有打算让其发生的。虽然他曾打算证明在动物中同样可以对杂交进行科学的研究，但却没有能进行这项工作。甚至他的植物学实验也常常由于缺乏基金、缺乏仪器、设备，以及缺乏有能力的助手而过早夭折。

科尔罗伊德被他的同代人所普遍忽视。他对于当时自己的不引人注目以及社会给予林耐的荣誉而感到痛苦，并在这种痛苦中死去。然而，孟德尔和达尔文两人都知道并利用过科尔罗伊德的工作成果。虽然他没有能进行他那雄心勃勃的实验计划，但是至少可以为他毫不含糊地解决了植物的性行

为问题而感到满意。1761 年，他写道：由于他的实验结果“即使是最顽固的植物性行为的怀疑论者，也将完全信服。”[7] 在这里他没有能意识到在植物学家中传统和保守主义的顽固程度。斯开弗 F. Schelver 1778 – 1832 是海德堡大学的教授，海斯 A. Henschel 1790 – 1856 是一位布雷斯劳的开业医生和大学助教，他们坚持植物体中只有无性生殖的古代的学说。当实验结果和古老的传统说法相矛盾时，这种实验便认为是不可信的了。海斯这位自然哲学的信徒争辩说，科尔罗伊德给花去雄使植物残缺不全，强行用外来花粉给植物授粉，并使它们在花盆中生长——不是在野外。这种非自然的条件不可避免地降低了能育性而产生来自亲本的畸形、变异和退化类型，这些类型不是真正的杂交种。对于这种没有价值的唯心主义批评，当时许多博物学家是乐于接受的。形成这种状况的原因，一是自然哲学的流行，二是缺乏支持科尔罗伊德开拓性工作的实验。

格特纳 Carl Friedrich von Gaertner 1772 – 1850

格特纳得到的虽是医学博士学位，但为完成他父亲老格特纳 J. Gaertner 1732 – 1791 的工作，他却从事植物实验工作。他父亲是个有名的植物学家，也是科尔罗伊德的朋友。卡尔·格特纳作为一个孝顺的儿子，首先致力于出版他父亲为《植物的种子和果实》所作的笔记。这样一个恰如其分地称为“格特纳”意思是“园艺家”的人，用八十余个属七百个种的植物，进行一万余项独立实验，从中产生了二百五十个不同的杂交类型。由于格特纳有着富裕的经济条件，他能不受拘束
413 地在自己的花园内实施有性杂交试验的宏伟计划。他的工作成果于 1849 年发表，其题为《植物界杂交的实验和观察》。虽然，这本书写得既单调又重复，但涉及的范围很广。达尔文和孟德尔都曾仔细地阅读过。

正如孟德尔所说，尽管格特纳的工作包含着“极有价值的观察”，但他在学术争论方面，很少有理论性的贡献。他在用 F_2 代植物同 F_1 代植物比较时强调了 F_2 代的巨大变异性，同时把所有子代作为一个有机整体来集体处理，而不是分析他在杂交种中发现的各种个别性状。

诺丁 Charles Naudin 1815－1899

许多植物学家在他们的杂交种中观察到了我们现在所认识到的显性现象和性状分离现象；但由于他们习惯于把植物作为一个整体进行考察，因此，没有一个人能做到像孟德尔那样清晰地洞察遗传规律。其他的植物学家们则没有能认识到某些性状是隐性的即潜在的，它们被其它的性状所掩盖，但并没有丢失。由于不能处理各个个别的性状，植物学家们没有能看出某些在生殖过程中起作用的分离机制。然而，在遗传学史上诺丁却享有孟德尔先驱者的地位，因为他发现了在生殖过程中发生的性状分离现象。

诺丁试图澄清土豆和黄瓜两个科的属与种的分类学关系，他在分类工作中试用了杂交方法。十九世纪五十年代，虽然他仍墨守着杂交种是非自然实体这一老的信念，但是，他开始对杂交的进化意义发生兴趣。因此，当他观察到杂交种报春花的后代几乎回复到其亲本种的这种现象时，就导致他提出了在杂交种中会发生两个物种的性状分离现象。他争辩道，自然界“渴望毁灭杂交形式”其方式是通过“分离两个物种的要素”。[8] 除了认识到了这种研究需要使用来自各个杂交类型的许多植物外，诺丁同时还进行了一些第三代甚至第五代的杂交实验。但由于诺丁仍然把物种看做是一个整体，他的分析从来就没有能达到孟德尔工作那样的高度。

达尔文熟知诺丁的工作，并同他在 1862 年到 1882 年有通信来往。令人遗憾的是，达尔文没有能理解诺丁假设的含

意，而是倾向于不考虑它。因为达尔文不能想像这种假设怎样才能解释回复到远祖性状的现象。这就意味着即使达尔文直接知道孟德尔的工作，也同样不可能会理解它。

三　孟德尔 Gregor Mendel 1822 – 1884

在孟德尔以前的植物杂交工作，同孟德尔那种精细的统
414 计和实验方法根本无法相比。虽然有那么多的科学家对遗传和植物杂交问题感兴趣，但是，在二十世纪前，没有人取得了孟德尔那样的成就。孟德尔的经历被认为是难以理解的事情，也是一个小小的悲剧，因为他的工作被埋没了三十多年而没引起人们的注意。关于孟德尔，我们想主要谈一下他是怎样解决那个其他任何一个十九世纪的学者都不能对付的问题的；还有，为什么他的工作如此长久地被人忽视而默默无闻？

孟德尔生于西里西亚一个小村庄的农民家庭里，他是家里五个孩子中唯一的男孩。甚至当地的小学校长也很欣赏孟德尔那异常的才能，鼓励孟德尔的父母继续让他求学。以后，在大学学习时，孟德尔经常为求学的资金而奔波，但他在自传中写道："由于缺乏朋友，又没人推荐，所有努力都没成功。"这种失败常使他焦虑，并导致了严重的疾病。孟德尔最终进了布隆的奥古斯丁修道院。不是由于教堂对他的感召，而是由于他感到"被迫走上生活的第一站，而这样便能解除他为生存而做的艰苦斗争"。因此，对于孟德尔来说，"环境决定了他职业的选择"。[9] 作为一个僧侣，孟德尔是相当虔诚的，但他没有能履行某些教区的职责，例如访问病人等等。幸运的是，事实表明了他是一个很有成就的教师。但是，显然是由于准备不够充分，他试图通过预科教师的考试却没有成功。

为了得到自然科学方面更好的训练，孟德尔被准许在维也纳大学学习，度过了从 1851 到 1853 年的四个学期。在此期间，他学习了物理学、化学、动物学、昆虫学、植物学、古生物学和数学。同时，他还受到杰出科学家们的影响，例如多普勒 C. Doppler 1805－1853，孟德尔为他当物理学“演示助手”；又如依汀豪生 A. von Ettinghausen，他是一位数学家和物理学家；还有恩格 F. Unger，他是细胞理论发展中的一位重要人物，但是由于他否定植物物种的稳定性而受到教士们的攻击。孟德尔也许从恩格那里学到了把细胞看做为动、植物有机体结构的焦点。

孟德尔回到布隆以后，对多种生物学问题进行了探索。他研究了豌豆象鼻虫，种了三十四个株系的豌豆，饲养了五十箱蜂，试图用来自美国、埃及、欧洲的蜂群进行杂交。他也养老鼠。可能他用老鼠做过遗传研究，但是他觉得作为一个教士，报道这种活动是不合适的。同道尔顿和拉马克一样，孟德尔变得对气象学感兴趣，他是奥地利地区气象报告在布隆的通讯者，他记录了每天的温度、湿度、雨量和气压。

对科学来说非常不幸的是，孟德尔于 1868 年被选为修道院院长后，随着他的修士会同政府关于新的教会税的支付问题发生了争论等等，他的管理工作也就剥夺了他从事科学研究的时间和精力。尽管他患有尿血症和水肿，心率达 120 次/分，但是仍然每天坚持抽二十支雪茄烟。1884 年 6 月 6 日[①]孟德尔死于慢性肾脏疾病。由于他的后继者罗马伯思克 Rambousek 院长烧毁了孟德尔的私人文件，因此我们几乎没有关于孟德尔的原始资料或灵感的直接知识。孟德尔的同代人似乎把他看做是一个有教养的老修士，用一些愚蠢的，但

① 孟德尔死于 1884 年 1 月 6 日，原文有误。

也无害的方法来消磨时间。确实一个受过教育的人，却把他的时间消磨在计算成千颗皱瘪的豌豆上，这真是有点“古怪”。

1854 年夏天，孟德尔开始用三十四个豌豆株系进行他的工作。1855 年，继续试验它们在传递特选性状时的不变性。次年，他开始了那些著名的一系列试验，这些试验就产生了那篇在 1865 年“布隆自然历史学会”上宣读的论文。这篇论文于 1866 年发表于该会的会议录上。孟德尔对实验体系的选择是极其出色的，但是，他对与之进行通讯往来的科学家的选择却给他造成了灾难性的后果。孟德尔把论文副本寄到慕尼黑植物学教授耐格里 K. Nägeli 1817 - 1891 那里。耐格里对植物遗传虽然有兴趣，但他却完全不能理解孟德尔所做的工作。

耐格里认为，所有的杂交种都能产生可变的后代。孟德尔所研究的单位性状中的数学关系对于他来说是无足轻重的。耐格里把孟德尔的工作看做“仅仅是经验的，而非理性的”，根本不予重视。在他的出版物中从来不曾提及孟德尔对豌豆的工作。但是，由于孟德尔提到了要在其它植物上作进一步的试验，因此，耐格里才保持了同孟德尔的通信，并鼓励他从豌豆试验转到山柳菊属植物野鹰草的试验上去。耐格里确信，孟德尔用来杂交的 F_2 子代中“纯”的类型，实际上必然是混杂的，而进一步的近亲杂交试验将显露出所存在的隐匿性状。对于山柳菊的试验似乎证明了这一点，因为这一属植物中普遍存在着永久性的杂种。在五年的时间里，孟德尔努力尝试用山柳菊进行杂交，希望得到同他在豌豆的试验十分相近的结果，但他的这些尝试都没有成功。其失败的原因，现在可以明白，即孟德尔所观察的豌豆，具有典型的特征；而在山柳菊中，却是由于无融合生殖指通过假受精使种子成为纯粹由

母方起源的孤雌生殖，并不发生减数分裂和受精而产生所得到的特殊结果。这种结果可能引起孟德尔对他的豌豆工作普遍正确性的怀疑。在研究其它许多物种时，孟德尔发现有些物种的表现同豌豆相似。这意味着他在试图扩大他的工作范围，为给豌豆实验上得出的定律提供证据。但是他并没有公布这些试验。即使孟德尔把所有这些试验都提供给他的同时代人，他是否能用他工作的价值使那些同时代人信服呢？这很难判断。但是很显然，他从来没有能使耐格里这位确实知道他工作并有所建树的植物学家信服。确实，孟德尔似乎认为，别的科学家是不会理解他的工作的，这点从他给耐格里的一封信中可以看出——

> 当我听到您用怀疑的谨慎态度说及我的实验时，我并不感到惊讶。对其他学者的同样的表态，我也同样不会惊讶。[10]

豌豆的启示

十九世纪的科学家们，几乎没有人能理解孟德尔对遗传问题的试验方法和数学方法。虽然当时相当普遍地进行植物杂交试验，但是没有一个植物学家曾想到要对所有的杂交种后代作数学探讨。就孟德尔决定采用的统计方法来说，以及就他对杂交所得的全部后代进行计数，而不单单是对“有趣”的后代进行计数来说，他的工作是独一无二的。其他人把整个物种的全部性状作为一个单位，而孟德尔用纯的种系进行工作，研究各个简单的、可分开的单一性状。在这一点上，由于他的性状因子可以同拉瓦锡的化学元素相比较，孟德尔被称为“植物学上的拉瓦锡”。

试验开始时的三十四个豌豆株系类型纯净，具有适合于

作为试验体系的性状。显然，孟德尔对此是有着清楚目的的。他写道："任何试验的价值和效用，决定于所使用材料对于试验目的的适合性。"他认识到，他的研究有三个新颖的基本方法。尽管许多人在以前做了植物杂交试验，但是：

> 没有一个试验能进行到这样一种程度，也没有一个试验曾应用过这样一种方式，以导致能够确定在杂交后代中出现的各种不同类型的数目；或者能按照各不同的世代，有把握地排列这些类型；或者明确地肯定这些类型的统计关系。[11]

孟德尔那经典论文中所报道的试验设计是如此出色，以致于费歇 R. Fisher 爵士提出"事实上，这些试验是与他已达到的理论相一致的，或者是那个理论的演示。"[12] 在所有试验的变种中，孟德尔选出二十二种豌豆供进一步的试验。他进行了七组具有单个变化因子的一系列杂交试验。从这些试验中，他创立了那著名的 3: 1 比例。孟德尔也做了两个双变化因子杂交和一个三变化因子杂交试验，来证实性状的独立分离性。其他的双因子和三因子杂交试验则被用来检验一些预测，这些预测是根据他在遗传中起作用的独立因子理论而作出的。

孟德尔很可能最先曾经假设过：人们确实可以十分简便地预期两种雌的性细胞同两种雄的性细胞随机组合而产生的不同类型的子代数目。这就意味着在性细胞形成时，决定特有性状的因子是互相分离的。因此，一个杂交种——"Aa"——具有"A"性状因子和"a"性状因子的杂交种将产生只具有 A 因子或 a 因子的性细胞。在这些性细胞不同的组合中，将产生一个纯 A 型，两个 Aa 型杂种和一个纯 a 型。这里因为 A 对 a 为显性，可以观察到的类型比例则是 3: 1。孟德尔的实

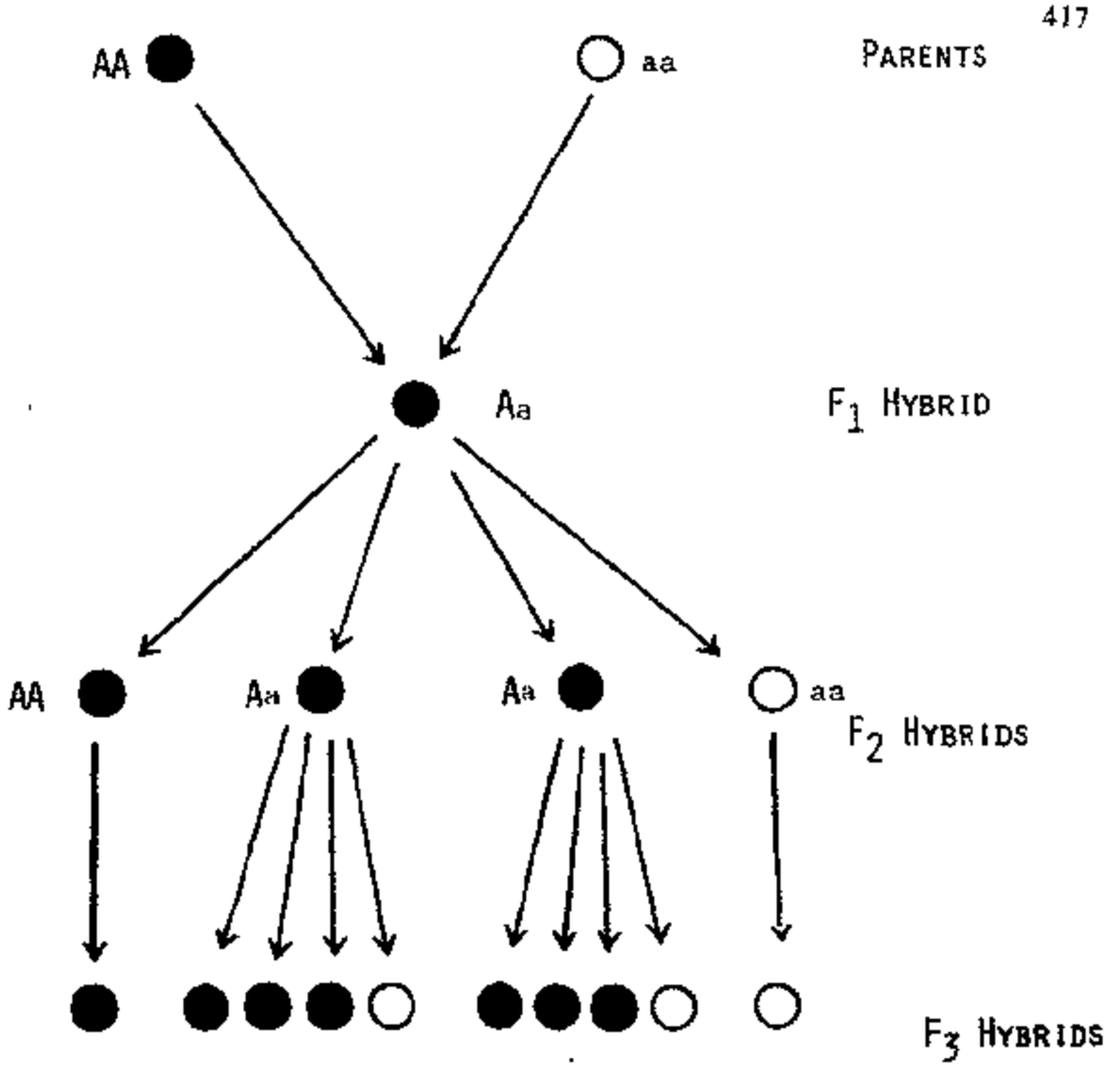


图 13－1　孟德尔表示 3 与 1 之比的杂交试验图解
图解表示两个具有不同特殊性状豌豆株系的杂交结果。在 AA 或 Aa 基因型的个体中都表现出显性性状(●)，隐性性状只在具有 aa 基因型的个体中(○)才表现出来。

验并没有只停留在 F_2 代上，某些实验继续了五代或六代。在所有世代中，杂交种都产生三与一之比。

后来，柯灵斯 C. Correns 用两条孟德尔“遗传定律”来总结孟德尔的发现，这两个定律称为“性状分离定律”和“自由组合定律”。

418 **孟德尔骗人没有**

对孟德尔统计作的仔细考察使费歇确信，孟德尔的比例比抽样试验理论能预期的比例更加接近于理论期望，这种结果如果没有“绝对的偶然性奇迹”是不可能得到的。对于孟德尔的统计曾有过几种解释。可能是孟德尔在数目接近期望比例的这个点上停止了计数。他也许会无意识地倾向于把任何有疑问的个体归入某些范畴，以便符合于期望的比例；另一种十分宽厚的解释认为，孟德尔的助手们理解到孟德尔想要的结果，因此把他所期望的数据告诉他，一方面为了讨好孟德尔，另一方面他们也可免去许多令人厌烦的工作。斯特蒂文特 Sturtevant 考察了费歇的这种分析，发现所有这些解释都不能令人满意，也不符合孟德尔论文格调的特点。[13] 也许，这些比统计学家所预期的更加接近于理论期望的比例数值答复了这位可尊敬的僧侣的祈祷。

表 1　孟德尔试验结果的总结①

所研究的性状	植物数目		比例
	显性	隐性	显性/隐性
茎长:高对矮	787	277	2.84:1
花位:顶位对侧位	651	207	3.14:1
豆荚形状:膨胀对收缩	882	299	2.95:1
豆荚颜色:绿对黄	428	152	2.85:1
种子形状:圆对皱	5474	1850	2.96:1
子叶颜色:黄对绿	6022	2001	3.01:1
种皮颜色:灰对白	705	224	3.15:1

①列成表格的数字来自于孟德尔七个主要试验系列的 F_2 代结果。在每个所研究的性状中，列在前面的特征是显性的(引自伊尔蒂思，1932 年)。

孟德尔不仅在他的统计结果上是幸运的，他选择豌豆这样一种植物，以及他所研究的七个特殊的性状，这些都近于奇迹般地刚好适合于他的需要。在所有的情形下，这些植物都出现明显的显性和隐性形式。每一对性状都表现得很清楚，即都是不连续变异，没有中间等级。而且，决定每一性状的基因都证明是位于不同的染色体上，因此他的研究才没被连锁关系搞得复杂化。

为什么孟德尔的工作被忽视了

对于孟德尔的工作被人忽视的一般解释可被认为由于所刊登的杂志不合适而湮没无闻。但是，布隆学会的会议录并不是那么默默无名不为人知的。确实，泽克尔 C. Zirkle 论证说，在十九世纪六十年代那些不那么狂乱的日子里发表的论文，没有一篇像今天的论文那样传播不广的，这是由于所发表的论文在数量上的巨大差异造成的。[14] 这个会议录在许多大学和学术团体例如伦敦皇家学会和林耐学会的图书馆都有，另外四本送往美国。一共约有一百二十个图书馆收到了这个会议录，孟德尔自己也有四十本这篇论文的单行本，他好像已把这些单行本分发给了其他的植物学家们。现在只发现了四本单行本。伊尔蒂斯 H. Iltis 回忆说。作为布隆的一个渴求自然史知识的年轻学生，他曾读过所有过期的“会议录”。1899 年，他发现了孟德尔的论文，并激动地给了他的教授看。这个有学问的教授说：“呵！这篇论文我全都知道，它无关紧要。除了数字和比例，比例和数字外，一无它物。它是纯粹毕达哥拉斯式的东西；不要为它浪费时间，把它忘了吧！”后来，伊尔蒂思写了一本极好的孟德尔的传记来弥补由于听信了他教授的劝告而造成的过失。[15]

说孟德尔是被人曲解了也许比说他完全被人忽视更恰当一些。孟德尔似乎给他的同时代人提供的是“纯粹的事

实”，因为其中没有把他的工作联系上去的，能称之为逻辑理论的理论框架。并且，在当时，也没有任何一种途径能把孟德尔的工作同可能的遗传物质基础联系起来。另一个对孟德尔不利的因素是，他所研究的性状，作为一个实验系统来说，确有独到之处，但与当时许多生物学家关心的那些性状却很不相同。当时，在进化的生物学魅力的影响下，或为了实用目的，科学家们所考虑的性状，对牛来说，是体形和气力的大小，生活力的强弱，牛奶和牛肉产量的高低；对绵羊来说，是羊毛；对赛马，是速度；而对鸽子，则是它的许多特有性状。他们认为这些遗传的优良性状才是唯一值得研究的。然而，这样的性状一般并不表现出简单的孟德尔式的遗传学关系，因为这些性状往往是由许多基因所共同控制。

十九世纪关于遗传机制问题的概念同孟德尔的遗传因子并不一致。自从希波克拉底以后，这方面的发展很少，像“泛生论”、融合遗传、获得性状遗传等理论在当时仍然很流行。这些理论不会提出如孟德尔所发现的那种简单的，可重复的比例数。这种明显的比例在小群体内不能如愿以偿地表现出来。因此，如果希望其他人——除了孟德尔以外——也不辞辛劳地在大群落中寻找这种关系，当然这是不合理的。

历史的脚注

孟德尔的论文被人遗忘了，但并不是没有被人应用过。在德国植物学家福克 W. Focke 的论文中提到了十五次。在《植物杂种》1881 一文中，福克提到了孟德尔在豌豆上的试验和在其杂交类型中发现的恒定比例。在贝利 Bailey 的《植物育种》1894 和皇家学会的《科学论文目录》的书目提要里也都提到了孟德尔的论文。当牛津生物学家罗曼斯 G. J. Romanes 为《大英百科全书》第九版写植物杂交文章而请达尔文帮忙时，达尔文给了他一份福克文章的复本，这个复本达尔文没

有读过，因为他觉得翻译外语太费事了。达尔文指明，文章的目录极好。罗曼斯同达尔文一样，为了免于过多的工作，只用了福克的目录，而没有涉及其正文。显然，目录仅是一种拘泥形式的手续——它只增加了文章的长度和给人制造印象，但没有多大用处。

四　孟德尔遗传学：重新发现

孟德尔的论文虽然在十九世纪中被多次引用，但是，在学术界一直没有发生任何影响。直到二十世纪初，三位植物学家——德佛里斯 H. de Vries，柯灵斯和丘谢玛克 E. von Tschermak 各自独立地重新发现了孟德尔的论文，从而这位避世而居的僧侣在很久以前所做工作的意义才被人所理解并得到正确的评价。这些年间，在细胞分裂、受精现象的研究上所取得的发展，以及主要的是魏斯曼 A. Weismann 的理论工作，创立了一种能同孟德尔的“比例和数目”极好地吻合的新的理论结构。这种结构可以用来预期遗传形式，并可由实验得以证实。

德佛里斯 Hugo de Vries 1848 – 1935

德佛里斯很可能早在 1899 年就看到了孟德尔的论文，并认识到它同自己的工作有关联。显然，德佛里斯把自己的工作看得更为重要，并且希望通过隐瞒孟德尔的成果来保持自己的优先权。

德佛里斯出生和死亡的地方都在荷兰，但他却主要在德国受的教育和训练。他曾向萨克斯 F. von Sachs 1832 – 1897 学习植物生理学。在阿姆斯特丹大学获得职位以后，德佛里斯研究了当地的植物区系、供水中的微生物、植物细胞的膨压。由于他用质壁分离技术研究植物细胞而在国际上享有荣

誉。在测量细胞的吸水压中他证明了这种吸水压依赖于细胞液中的物质浓度和细胞壁的弹性。这一实验导致了范特霍夫 J. H. Van't Hoff.,1852 - 1911 关于渗透作用的工作和阿累尼乌斯 S. A. Arrhenius, 1859 - 1927 关于离子扩散理论的工作。在答应普鲁士农业部的要求写作一系列关于栽培植物的专题著作时德佛里斯担任了三叶草、糖甜菜和土豆方面的工作。
421 这些工作在他进一步广泛研究遗传和变异时,很有帮助。

1889 年,德佛里斯出版了一本《细胞内的泛生论》的著作。他强调把性状看做各自分离的单位来研究的必要性,提出以细胞核内的"泛生因子"为基础的遗传理论。与达尔文的"胚芽在整个身体内循环"不同,德佛里斯的因子存在于细胞之内。使德佛里斯特别感到奇怪的是大的不连续的变异,而不是那种达尔文感兴趣的小的、连续的变异。

德佛里斯的许多繁殖试验,由于不是他所能控制的原因而失败了。1876 年,他开始了植物杂交试验。他用各种各样的玉米糖粒的或粉粒的,黑粒的或白粒的进行杂交。1877 年的气候条件非常不利,造成 F_1 代杂交种没有产生后代,他只得中断了这些试验。1892 年,德佛里斯重新开始他的植物杂交试验,用的是雪白麦瓶草 silene alba 的有毛变种和光滑变种。在 536 个 F_2 代植物中,392 个是有毛的,144 个是光滑的。第二年,他用黑的和白的罂粟属植物杂交。从黑的杂交种中,他观察到了性状分离,得到 158 个黑色的和 43 个白色的子代。用 F_2 代自花授粉,产生白罂粟的纯种,而黑罂粟则表现出有两种类型——有的产生纯种,有的又产生一次性状分离,得到黑的和白的花 1095 黑花,358 白花。

显然,德佛里斯所得出的结论与孟德尔的相似。他从 F_2 代杂种中得到了 3:1 的比例,观察到了显性现象和性状分离现象;并认识到黑色的 F_2 代植物有两种类型——一种是产

生纯种子代的，另一种是产生分离成黑和白两种子代的。德佛里斯的研究程序同孟德尔的似乎是一样的：首先，作出存在着各种单位因子的假设，以及由于这些因子在重组时，独立相配而产生的各种类型间比例的假设；然后，通过对大量后代的试验和计数来证实他的假设。

1896 年，德佛里斯虽已有支持其理论的数据，但直到本世纪开始他才广泛地发表自己工作的成果。当时，他已经通过对三十多个不同物种和变种的试验得到了进一步的证据。德佛里斯等得太久了，科学界当时已接受了遗传因子的分离和重组的新定律，把孟德尔而不是把德佛里斯誉为遗传学的奠基人。为此，德佛里斯写信给他的朋友说：这是多么不公平啊。他是如此仔细地准备了自己的试验资料，到头来却发现孟德尔的论文“得到了如此高的声誉”。他无可奈何地承认，孟德尔的工作“在当时是非常优秀的”。如果在 1900 年，孟德尔的论文还没有如此为人熟知，那么，遗传学基本定律将称为“德佛里斯定律”，而不是孟德尔定律了。[16] 也许德佛里斯觉得，无论是按照实验广度、理论概念在他的《细胞内的泛生论》一书中所表示的，还是按照他的工作与魏斯曼种质理论的明确关系来说，他的工作比起孟德尔的工作来，都更有意义得多。这种想法必然加重了德佛里斯的苦闷，这也许可以解释为什么他在 1906 年拒绝为《孟德尔纪念册》签字。在他 1907 年出版的论植物繁殖的书上，德佛里斯甚至连孟德尔的名字都没有提到。在德佛里斯此书出版后两个月内，柯灵斯和丘谢玛克宣布又一次证实了孟德尔的遗传学。

1901 年，德佛里斯出版了《突变理论》第一卷，书中详述了他的理论——进化不是如达尔文相信的那样通过渐变而发生；而是通过称为“不连续变异”，即突变的不连续步骤而进行的。用晚报春花进行试验是他创立这个理论的主要源

泉。为了确定突变植物同正常品种杂交时的表现，德佛里斯试验了许多种植物，发现突变被保持了下来。他对研究可变异性的前途抱有很大的希望。当能用人为的方法诱导某一个物种朝着人所期望的特定方向突变时，德佛里斯预言，将会出现"我们可以希望用以最终征服自然的无穷力量"。[17]

关于用晚报春花进行试验的后期工作表明，德佛里斯并没有观察到简单突变的效果，他所看到的实际上是染色体重新排列的结果。他在晚报春花中看到的大的变化导致他得出错误的结论，即相信已有物种可以通过不连续转化而很快地形成的新的变种，甚至新的物种。

孟德尔定律的重新发现：柯灵斯和丘谢玛克

Carl Correns and Erich von Tschermak

柯灵斯和丘谢玛克似乎比德佛里斯对孟德尔更加慷慨大方。但他们已被德佛里斯抢在前面了，因此，无论如何，他们的利害关系毕竟没有德佛里斯那么大。另外，他们在1900年以前的研究中，两人主要考虑的也都不是遗传定律。

柯灵斯 Carl Correns 1864－1935

由柯灵斯来帮助孟德尔恢复他在历史上的地位，这似乎是非常公正的，因为柯灵斯曾经是耐格里的学生，正是这位植物学家——他的老师，曾错误引导和曲解孟德尔的工作。柯灵斯慷慨地承认，由于自从孟德尔时代，特别是魏斯曼的工作以来，已经发现了这么多的现象，以致于"当某些学者们用自己的智力劳动发现了对于他们来说是新的定律是如此轻松时，实际上这是远远落后于孟德尔的工作的"。[18]

柯灵斯是一位著名的德国植物学家。先前，他已经研究过解剖学和苔藓的生活周期问题，后来他又开始对高等植物种子的胚乳起源问题感到兴趣。当时设想胚乳是纯粹起源子母本的。但在某些情形中，花粉似乎也影响了胚乳的性质。福

克已把这现象称为“异粉性”，这也包括了花粉影响子房组织、种子和果实的情形。这种效应被认为应该同花粉对胚本身应有的效应有所区别。柯灵斯把玉米和豌豆杂种种植了好几代，这使得他接近了孟德尔的对于遗传的解释。柯灵斯回忆起在进行豌豆杂交工作四年后一个难以入睡的夜晚，他是如何像“闪电”一样地想起了 3:1 比例的解释。在阅读福克的有关豌豆的章节时，他忽然受到启发要去读孟德尔的论文，而这篇论文使他认识到他的结论完全不是新的。当柯灵斯发现孟德尔已经抢先他三十五年发表了新的发现以后，又发现德佛里斯也在更近时期抢先发表了他的发现，这又一次使柯灵斯震动。1900 年 4 月 21 日早晨，他收到了德佛里斯关于杂交工作的单行本。4 月 22 日傍晚，柯灵斯已拟定了他的论述“格里高·孟德尔定律”的论文。这篇论文立即寄给了德国植物学会，并于五月发表。

柯灵斯和丘谢玛克建议使用“孟德尔主义”和“孟德尔定律”。柯灵斯觉得在他自己的杂交研究中：

> 为这些研究找出了一种解释后，我，如同德佛里斯相信他自己一样，也相信自己是一个创新者。然而，后来我发现，在布隆，六十年代时的孟德尔院长，许多年来投身于最广泛的豌豆试验，不仅得到了同德佛里斯和我自己的相同结果，实际上还做出了与我们十分相同的，在 1866 年时可能作出的最好解释。孟德尔的论文……在所有已知的关于杂交种的论文中是最优秀的。[19]

丘谢玛克 Erich von Tschermak 1871 - 1962

由丘谢玛克参加重新发现孟德尔的工作，这是很相称的。因为他的祖父范茨 Fenzl 曾是孟德尔在维也纳大学的系

统植物学和显微镜学的教师。丘谢玛克是一位植物学家，对植物繁殖的实际应用具有浓厚的兴趣。他曾在商业种子农场、杰塔 Ghent 大学和维也纳大学工作，从此得到专业方面的训练。由于对达尔文关于植物活力工作的某些方面感兴趣，丘谢玛克开始了一系列关于来自不同品种的花粉对生长的促进作用以及豌豆中异粉性胚乳问题的试验。

在分析了试验结果后，丘谢玛克发现豌豆杂交种中黄色子叶种子和绿色子叶种子以及光滑种子和皱缩种子的比例都是 3:1。他同时注意到绿色子叶豌豆和第二代的杂交种花粉进行回交时，得到的比例为 1:1。这时他从福克书中的引语
424 知道了孟德尔，从面读了孟德尔的论文。在阅读孟德尔的论文时丘谢玛克震惊地发现，这位僧侣早已更为广泛地进入了这类试验，并解释了这 3:1 的性状分离比例。丘谢玛克赶紧完成了他的论文并于 1900 年 1 月 17 日交给了学院杂志的出版者。他的工作没有孟德尔那么完善，因为在 1900 年他的论文发表时只培养了两代，还不可能证明 F_2 代中表达了显性的个体是两种类型，也不可能证明隐性的个体产生了纯种。

同年 3 月，丘谢玛克又一次感到震惊的是，他收到了一篇不受欢迎的论文，即由德佛里斯寄来的“论杂交种的分离定律”。由于这篇论文含有显性和隐性这样的术语，丘谢玛克推想，德佛里斯虽然并没有引用孟德尔的那篇独特的论文，但他是知道孟德尔的工作的。“自然，我急忙在同一天赶到了出版者办事处”，丘谢玛克回忆道，“目的是为了使那篇已校正的论文立即发表”。当他促使他的论文在《奥地利农业研究杂志》上加快发表之后，同样也安排了在五月，即在登有这篇论文的那期杂志出版前发出他的单行本。[20]

当丘谢玛克自己的论文还在校对期间，收到了又一个不

愉快的消息——这一次是发表柯灵斯的论文“孟德尔定律”所引起的。于是丘谢玛克原译为丘歇马克赶紧准备发表他论文的摘要，把论文《论豌豆的人工杂交》复本寄给德佛里斯和柯灵斯，以表示自己是重新发现孟德尔定律的参与者。在 1903 年的一个会上，柯灵斯和丘谢玛克友好地确定了他们两人在这个发现中的同等地位。以后，丘谢玛克发现自己的这个共同发现者的角色常常被忽视，为此他提出过强烈的抗议。

孟德尔工作的先进性虽已超出了 1865 年生物学界所能接受的能力，但是在 1900 年德佛里斯、柯灵斯和丘谢玛克同时重新发现孟德尔论文和定律这件事表明，这个重新发现是不可避免的。确实，如果这三个重新发现中的有功人物当时不这样做的话，那么，其他人也已经非常接近于这一发现，并在不久也会加以实现的。例如贝特森 W. Bateson 的工作在那时已处在这个突破的边缘上。当他知道了孟德尔主义后，便成了孟德尔遗传学的热情而有效的推广者。

贝特森 William Bateson 1861 – 1926

热情地提倡以及使孟德尔的工作得以普及成了贝特森的特殊使命。德佛里斯寄给他的论文复本导致他找到了孟德尔的论文。在前往皇家的园艺学会出席会议旅途的火车上贝特森阅读了那本旧的布隆会议录，他为孟德尔的工作及其文章的清晰透澈而惊奇，并称之为“清晰性和叙述技艺的楷模”。[21] 他迅速地修改了自己的“论园艺研究课题中的遗传问题”的讲演稿，以便把对孟德尔工作的说明包括进去。贝特森赞扬孟德尔的试验和他那极好的完善的叙述，以及从他的工作结果中演绎出来的规则。的确贝特森告诉他的听众们孟德尔的原理“将在今后所有进化问题的讨论上都会起到显著的作用”。因此当贝特森在火车上认识到了这一问题后，他确实作为在英国的“孟德尔主义的传道者”而开始了他的新生涯。[22]

贝特森在剑桥学习动物学，他的父亲是这里的圣约翰学院的院长。1883 年和 1884 年的两个夏天，贝特森到美国，在布鲁克斯 W. K. Brooks 1848 – 1908 的指导下学习海洋生物的发育问题。他在弗吉尼亚州和北卡罗来纳州沿海岸观察海洋生物，成了第一个研究柱头虫属的完整生活史并把它鉴定为原始脊索动物的动物学家。布鲁克斯似乎曾经使得贝特森相信遗传学是一个值得研究的课题。应该提一下，布鲁克斯曾是 E. B. 威尔逊和 T. H. 摩尔根两人的导师。

贝特森回到剑桥大学，成了该校圣约翰学院的高级研究员，随即开始了对变异的研究。他同德佛里斯一样，确信研究变异和变异性状的遗传是研究遗传学的正确方法。这与孟德尔研究这个问题的方法恰好相反。为了获得供研究变异用的材料，贝特森旅行到远至俄国和埃及，他希望在那里能发现水生物种的地区性变异和地区性条件之间的平行关系。基本上他是在寻找支持拉马克遗传机制的论据。在土耳其斯坦，湖沼池塘正在逐渐干涸，他期望能发现变异和环境的因果关系。这种探索使他十分失望，因为这里的动物区系并没有提供出变异直接同生活条件有关系的证据。贝特森被迫放弃了他原先的理论，转向研究关于人类和家养动物的变异纪录。

1894 年，贝特森出版了一本引人注目的书，称为《变异研究的材料》。书中号召要观察和分析不连续变异性状的遗传情况。虽然他的研究与导致得出孟德尔定律的那种统计的和深入细致的研究不同，但他确实理解到了其中主要的东西。他写道："如果亲本在几个性状上有差别，那么对其后代必须进行统计性的考察，并且分别地按其亲本这些有差别的性状而各个罗列出来。"贝特森为许多变异上的不连续性而感到震惊。和德佛里斯一样，他发现，达尔文关于那些小的、连续变异的自然选择概念是十分不能令人满意的。他确信，

不连续的变异是动物和植物更为重要的变异类型，它“以某种未知的方式成为动植物变异本质的一部分，而完全不是直接依赖于自然选择”。在他看来进化是通过连续变异而进行的说法似乎是一个“没有理由的假设”。虽然他尊重达尔文的成就，但是他渐渐认为“达尔文的成就是如此远远地超过以前所能想像到的任何一种思想，这一成就应当作为人们渴望已久的新开端而予以欢呼，但现在却被误认为是一件已经完成了的工作”。事实上，贝特森的劝告者告诫过他，研究变异只是浪费时间，因为达尔文早已涉及了这个问题。也许在“连续”变异和“不连续”变异之间划下了太大的区别。但是，贝特森和德佛里斯确实提供了适合遗传分析的变异的例子。

在贝特森一本颇有争议的书中，他向“进行繁殖实验”的组织呼吁。尽管他看到这个工作“也许比任何其它形式的生物学调查都需要更多的耐心，更多的资源”，但他继续写道，“这种调查将会开始进行，然后我们也许会开始认识到它的意义。”[23] 贝特森由于不知道孟德尔已成功地进行了这些工作，他旅行到意大利去研究各种蝴蝶以及十字花科的植物。贝特森的协作者桑德斯 E. R. Saunders 1865－1945 种植了这些植物的光滑的和有毛的变种，并在 1896 年把它们杂交，但没有种植 F_2 代。1897 年，又用大量的植物物种开始了新的试验。不幸遭到了不良气候和病害的影响。虽然贝特森需要的是对关系相近的变种之间的杂交进行统计研究，但他所获得的统计资料却没有直接使他达到孟德尔的定律。的确，他的某些统计同理论期望相差很远。但是，尽管贝特森没有通过自己的工作发现孟德尔定律，他却学会了沿着统计学的理论来思考问题。并且当德佛里斯的论文使他知道了孟德尔的研究时，他一下子就理解到了孟德尔的研究成就。

在这个领域中目前仍在使用的许多术语是由贝特森引

入的——包括“F_1 代”、“F_2 代”、“等位基因”、“合子”、“纯合子”、“异合子”。确实贝特森从希腊字中创造了“遗传学”genetics 来代替“传下去”descent，以此来象征对于遗传认识的新纪元。1909 年约翰逊 W. L. Johannsen, 1857 - 1927 引进了“基因”gene 这个概念来代替像“因子”、“性状”和“特征”这类的含糊术语。为了澄清这个崭新学科其它方面的问题，约翰逊还创造了“表现型”和“基因型”这两个词，分别用来表示个体的外貌和实际的遗传类型。由欧洲和美国科学家们进行的进一步实验，扩大了孟德尔的工作并证明孟德尔定律除了可应用于植物外也可应用于动物。仔细的考察表明对于开始似乎是较为复杂的遗传，孟德尔定律也是正确的。至于“非孟德尔”遗传，指的则是在各种因子之间的相互作用下复杂化了的正常的孟德尔式因子传递。家禽的肉冠形状是常见例子之一。

贝特森在剑桥当了一年生物学教授 1908 以后成了墨顿
427 Merton 的约翰·英纳斯园艺学院 the John Innes Horticultural Institute 主任。在这里他促进了实践性的工作。美国的摩尔根就是从贝特森那里把领导孟德尔遗传学的衣钵继承下来的。

孟德尔学派和生物统计学派

正在贝特森等人肯定和发展孟德尔的研究时，有一部分称为“生物统计学派”的科学家发起了一场对简单的孟德尔遗传定律的挑战。正统的达尔文主义者，例如韦尔登 W. F. R. Weldon，把贝特森的《变异研究的材料》一书 1894 看做是对达尔文主义直接的挑战。在连续变异和不连续变异的相对重要性上的混乱看法，导致了二十世纪科学家之间许多不必要的争论，他们把自己不是标榜为生物统计论主义者，就是标榜为孟德尔主义者。很多的笔墨浪费在文字之争上。

虽然韦尔登和贝特森在圣约翰学院时曾经是朋友，但韦尔登一直确信进化是来自连续变异的。他和贝特森成了在不同科学观点上的死对头。

这种争吵的另一个方面也涉及了高尔顿 F. Galton 1822－1911 的工作，他要求组织一个特别委员会对动物和植物的可测量性状进行统计调查。1894 年，皇家学会成立了一个后来称为“进化委员会”的组织。贝特森已拒绝了在 1897 年对他的邀请，但他的对手韦尔登却是其中一个成员。后来，贝特森也加入了这个委员会，并成了该会的秘书。韦尔登以辞职来表示抗议，并同伦敦大学学院的皮尔逊 K. Pearson 教授一起创刊了《生物统计》杂志皮尔逊已继任了高尔顿作为遗传统计学派的领导人。韦尔登把《生物统计》杂志作为向贝特森和孟德尔遗传学进行攻击的工具。对于韦尔登的这一挑战，贝特森则用一本新书——《孟德尔遗传规律：用孟德尔关于杂交原始论著的译文来作辩护》来作回答。

高尔顿 Francis Galton 1822－1911

高尔顿可以被恰如其分地称为生物统计学——把统计学应用于生物学问题上的奠基人。但遗憾得很，他没有抛弃十九世纪流行的遗传性状“融合”理论，也没有理解孟德尔已研究过的分析简单的“单个性状”的价值。当时的进化论学者们相信，通过研究生物体的诸如大小、活力、智力和强壮程度等等的复合性状是可以总结出遗传定律的。

高尔顿是达尔文的异重堂兄弟：他的祖母是伊拉兹马斯·达尔文 Erasmus Darwin 的第二个妻子。同达尔文一样，高尔顿先是学习医学，但他并不喜欢它。不同于达尔文的，则是高尔顿对数学很有兴趣。高尔顿的父亲去世时，他继承了足够的财产可以不为生活而操劳。开始，他没有明确目的地漫游了苏丹、叙利亚和西南非洲。他发现自己有写作的才能，

于是出版了一些关于他的旅行的通俗著作。像其他一些古怪的天才一样，他的注意力转向对天气的研究。他在 1863 年出版了一本《气象记录》的著作，并为建立气象局和国家物理实验室而发挥了作用。他与孟德尔一样，在气象上的兴趣次于在遗传上的兴趣，但高尔顿在遗传上感兴趣的主要是人类身体和精神上的复杂遗传现象。这些方面导致了他研究人体测量，人口的数量及其统计，为此还成立了伦敦大学学院的生物统计实验室。关于指纹辨别的研究也起源于他的著作。

显然高尔顿相信他能用统计学解决几乎所有问题。在研究中，他曾考察了皇族家庭成员的死亡率。他认为这可以度量祈祷的有效性，因为整个王国都为他们的皇族家庭而祈祷。同样地他比较了有传教士和没有传教士的船只的遇难率。他还试图设计一种尺度可以用来从数量上测定美和爱的等级。

在《天才的遗传》1869 一书中，高尔顿论证了人口的平均值是世代间"类型稳定性"的反映。高尔顿认为，遗传规律能够通过研究连续几代对平均数的偏差分布而演绎出来。最后，高尔顿制定了一个遗传的数学理论。在高尔顿的"祖先遗传定律"中，遗传是用数学术语表示的，子代的继承物 = $\frac{1}{4}$ P + $\frac{1}{16}$ PP + $\frac{1}{64}$PPP，等等 P = 亲代，PP = 祖父(母)或外祖父(母)，等等。虽然这个定律采用了融合遗传的概念，但任何祖先性状在遗传中都不会全部失去，只是在后继的世代中逐渐地减少罢了。这个定律可用来解释返祖现象。它很容易使科学家们接受这样的概念：祖先性状的微量残余，在适当的环境下也能起强有力的作用。正如某些毒物或药物一样，很小的剂量就能产生强烈的反应。

遗憾的是，高尔顿把古老的融合遗传理论用简洁的、表面上精确的数学公式来表示，并把它提高到"定律"地位。这

样就把遗传研究搞得更乱了。他争辩道，祖先的遗传贡献是必然会发生影响的，否则，“性状将稳定不变”。如果他是错的，那么从巨人培养巨人将成为很简单的事情，因为“在每一代后代中，巨人任何精神上的或者特别是身体上的将变得更加巨大，而矮子则将变得更加矮小。”[24] 在 1875 年《人类学协会杂志》的“遗传理论”一文中，高尔顿似乎已近于接受种质的连续性概念了。与达尔文不同的是，高尔顿认为遗传物质是由生殖器官产生的，而来自身体其它组织的贡献，即使有也很少。高尔顿使达尔文的“胚芽”理论受到实验性检验。如果胚芽真的是由身体的各个组织产生，并通过身体的血液循环而传到生殖器官，那么，输血将把胚芽输给受血者。高尔顿在不同皮毛的兔子间进行输血，然后，让这些“污染了的”兔子近亲繁殖，但结果却没有发现任何遗传效应。

孟德尔没有同这位机灵的高尔顿而同那思想保守的耐格里通讯，这似乎是十分不幸的。也许高尔顿将能理解他。1875 年高尔顿在给达尔文的一封信中，讨论了黑人和白人混血儿后代类型的理论比例。在讨论中高尔顿基本上得出了孟德尔类型的结论。但是高尔顿从未把这些想法付诸实验，他也曾想要做些植物杂交试验但他觉得自己“对园艺太无知了”。

高尔顿是人们熟知的优生学奠基人，他把生殖科学应用于人类。他希望有缺陷的个人不要生育，而鼓励富有天资者生育。可惜具有讽刺性的是，他自己那富有优生性的婚姻却没有产生后代。

孟德尔学派和生物统计学派的妥协

早在 1902 年，尤尔 U. Yule 1873－1949 已提出，如果假设大量的因子一同在起作用，那么，用相同的机理就可以同时来解释简单的孟德尔形式和显然是融合遗传的复杂情形

了。但是这个工作的普遍重要性没有得到正确的赞许，论战仍在继续进行。1906 年，由于韦尔登的突然死亡，敌对情绪才稍有缓解。贝特森则即将宣告胜利，而不是认识妥协的必要性。在《孟德尔遗传规律》一文中，他声称生物统计学者们也许可以希望对统计理论的发展做出贡献。但是在遗传研究中，他们的努力，"结果只是把那些显然是即将被揭示出来的规则又隐藏了起来"。虽然生物统计学者们搞错了，但是他们却推迟了对孟德尔主义价值的承认。[25]

后来，情况逐渐明朗了，论战双方是可以通过"复合基因假设"而联合起来的。费谢是个统计学者和遗传学家，他在 1918 年发表的论文"孟德尔遗传假设上有关观点的关联性"表述了这一思想。后来，费谢证明了孟德尔遗传学与达尔文的自然选择理论也是可以调和的。他的《自然选择的遗传理论》1930 一书，是群体遗传学的名著。

五　细胞学：孟德尔主义的基础

正如我们在以前提及"发生"的研究中已经谈到过的，显微镜——它使科学家能看到生殖细胞以及胚胎发育的最早阶段——在开始应用时，似乎增加了混乱而不是使事情更加明了一样，在遗传学和细胞学的研究中，显微镜的应用也不总是能澄清长期存在的问题的。但是在十九世纪和二十世纪初的细胞学研究，联系到一些洞察入微的新理论和某些卓越的猜测，确实为解释孟德尔定律提供了可靠的基础。

遗传学和细胞学沿着三个线索发展。第一，遗传类型的统计分析导致了孟德尔主义和群体遗传学；第二，显微镜研究揭示了重要的亚细胞结构以及在不同的环境条件下静止、生长和分裂的行为；第三，化学研究阐明了各种各样细胞组成

部分的性质。需要把所有这些研究汇集和综合起来才能对遗传学有真正的理解。

许多科学家虽然研究过亚细胞实体的行为，但这类工作在魏斯曼以前，只是一些使人混乱的事实的乱糟糟的集合体。是魏斯曼把它们组织成了一种理论框架，并赋于这些事实以意义和方向。

魏斯曼 August Weismann 1834 - 1914 和他的种质理论

魏斯曼，这位生物学中重要的理论家，为遗传学贡献了两个重要的指导性概念。第一个是种质连续性理论；第二个是关于染色体减数分裂及其合理性的预言。魏斯曼在哥廷根学习医学以后，便回到他的家乡法兰克福开业。在留卡德 R. Leuckart 1822 - 1898 实验室的研究，使他确信，研究动物学要比医生开业有趣得多。魏斯曼放弃了他原先的职业，成了弗莱堡 Freiburg 大学的动物学教授。他那疼痛的眼病使他无法从事显微镜工作，曾被迫请假休息。当他的视力暂时得以恢复后，他就继续研究红虫的生活史和水螅水母生殖细胞的发生。到四十岁时，由于视力严重减退，他不得不放弃实验工作。但是，却也正是作为一个理论家，魏斯曼才对科学有着超乎寻常的贡献。在考察达尔文以后所遗留的较重大的生物学问题时，魏斯曼认识到变异和遗传是急需改革的课题。

魏斯曼根据他对细胞结构、生殖以及繁殖实验中的事实等知识，批判性地考察了所有的遗传理论。他自己对红虫和水螅水母所作的研究表明，在早期阶段生殖细胞的前身是可以与躯体细胞区分开来的。然而，魏斯曼必须得首先承认，这些观察的结果仅仅是启发性的，不足以组成他那种质连续理论的全部基础。按照这个理论，在生殖细胞中有一条代代相传的连续路线。

在进化论得到广泛支持和传布的时代，魏斯曼对变异感

到兴趣，这是很自然的。但是他认识到，世代之间的遗传稳定性才是最显著的遗传事实。懂得了这点以后，便可把变异看做为一种特例或必然的结果来处理。虽然人们认为他比达尔文更加达尔文主义，但魏斯曼却抓住了这样一个论点——必须首先在细胞和个体水平上来研究遗传，而不是研究其在产生物种或种群中的作用。这种见解，使他拒绝获得性状遗传的观点。在他看来，生殖细胞不是从亲代的身体上衍生而来，而直接来自种质一脉相承的延续。由于生殖细胞的萌芽形成于胚胎可能的最早阶段，并继而始终和体细胞即体质分离，因此，要那些在成体生活中发生的事件来影响遗传是不可能的。每一有机体由两部分组成：种质和体质，前者是“潜在的”，后者则是“被表达的”。种质传给后代，而体质则如同树叶一样地凋萎。

对于魏斯曼来说，世代之间的联系是遗传性状的传递，这种传递是通过一定的化学实体进行的。他于 1885 年发表了《作为遗传理论基础的种质连续性》，文中有下面一段引人注目的结论：

> ……“种质的连续性”……是建立在这样的概念基础上：遗传是由具有一定化学成份，首先具有一定分子性质的物质，从这一代到另一代的传递来实现的。[26]

魏斯曼进一步强调，他的遗传理论不像达尔文的理论那样“在理论上是肤浅的，在细胞学上是不实际的”；他的理论是一个生物化学的模型。他定义种质是“生殖细胞的一部分，它的化学和物理特性——包括分子结构——使细胞在适当的环境条件下可以成长为同一个物种的新个体”。

种质连续理论给细胞行为的许多方面——特别是在核

和染色体的分裂方面，提供了理论框架。它也成了推动人们对细胞学、受精现象、细胞分裂以及生殖问题作进一步研究的动力。由于体质细胞的分裂有丝分裂需要保持染色体数目的恒定，因此魏斯曼在理论上预测道：在卵和精子的成熟过程中，必然有一个特别的减数分裂过程使染色体数目减少一半。而在受精时，精卵两个细胞核融合，即恢复正常的染色体数。这个天才的预见在 1888 年由博维里 Boveri 和斯特拉斯伯格 Strasburger 所证实。

到 1892 年，魏斯曼感到放心了。因为他的理论已为显微镜的观察所证实："细胞分裂时的复杂机制，实际上其唯一的意义就在于分裂染色质，并且，……因此，毫无疑问，后者是核内最重要的部分。"[27]

在下一章中，我们将看到对遗传学的进一步研究和生物化学的进展怎样把对基因的研究发展到了分子的水平。

注释：

1. W. M. Wheeler(1923). The Dry – Rot of Our Academic Biology. *Science 57*: 61.
2. S. Wright(1959). Genetics and the Hierarchy of Biological Sciences. *Science 130*: 959.
3. S. N. Kramer(1959) . *History Begins at Sumer*. New York: Doubleday Anchor, p. 134.
4. Aristotle, *History of Animals*, 606 b 20.
5. Aristotle, *History of Animals*, 607 a 5.
6. For example, see N. N. Riddell 1903. *Heredity and Prenatal Culture Considered in the Light of the New Psychology*. Chicago: Riddell.
7. R. Olby(1966). *Origins of Mendelism*. New York: Schocken, p. 37.
8. Olby, p. 63.
9. Olby, pp. 106 – 107.
10. E. O. Carlson, ed. (1967). *Modern Biology*. New York: Braziller, p. 41.
11. G. Mendel(1865) . *Experiments in Plant Hybridization*. Edited by J. H. Bennett

(1965). Edinburgh: Oliver and Boyd, pp. 8 – 9.

12. R. A. Fisher(1958). *The Genetic Theory of Natural Selection.* 2nd Ed. New York: Dover, p. 9.

13. A. H. Sturtevant(1965). *A History of Genetics.* New York: Harper and Row.

14. C. Zirkle(1968). "Mendel and His Era," in *Mendel's Centenary.* Edited by R. M. Nardone. Washington, D. C.: The Catholic University of America Press, pp. 122 – 133.

15. Zirkle, p. 124;
H. Iltis(1932). *Life of Mendel.* New York: Norton.

16. Olby, pp. 128 – 129.

17. H. DeVries(1905). *Species and Varieties: Their Origin by Mutation.* Chicago: Open Court, p. 688.

18. Olby, p. 130.

19. F. A. E. Crew(1966). *Foundations of Genetics.* Oxford: Pergamon, pp. 63 – 64.

20. Crew, pp. 64 – 65.

21. W. Bateson(1913). *Mendel's Principles of Heredity.* Cambridge: Cambridge University Press, p. 7.

22. Olby, p. 132.

23. Olby, pp. 133 – 135.

24. F. Galton(1892). *Hereditary Genius.* Reprinted 1962. London: Fontana Reprint, p. 33.

25. Bateson, pp. 6 – 7.

26. S. Toulmin and J. Goodfield(1966). *The Architecture of Matter.* New York: Harper Torchbooks. p. 363.

27. Toulmin and Goodfield, pp. 364 – 365.

参考文献:

Babcock, E. B. (1950). *The Development of Fundamental Concepts in the Science of Genetics.* Portugaliae Acta Biologica Series, 1949. Reprint. Washington, D. C.: American Genetics Association.

Baltzer, F. (1964). Theodor Boveri. *Science* 144: 809 – 815.

Bateson, W. (1913). *Mendel's Principles of Heredity.* Cambridge: At the University Press.

Bateson, B. (1929). *William Bateson, F. R. S., Naturalist, his Essays and Addresses*. Cambridge: At the University Press.

Bodmer, W. F., and Cavalli – Sforza, L. L. (1976). *Genetics, Evolution and Man*. San Francisco: Freeman.

Boyer, S. H. (1963). *Papers on Human Genetics*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice Hall.

Carlson, E. A. (1966). *The Gene: A Critical History*. Philadelphia: Saunders.

Correns, C. (1905). The Birth of Genetics. *Genetics*: supplement to vol. 35.

Crew, F. A. E. (1966). *Foundations of Genetics*. Oxford: Pergamon.

Darlington, C. D. (1969). *Genetics and Man*. New York: Schocken.

Darlington, C. D. (1969). *The Evolution of Man and Society*. New York: Simon and Schuster.

Dobzhansky, T. (1951). *Genetics and the Origin of Species*. 3rd Ed. New York: Columbia University Press.

Dunn, L. C., ed. (1951). *Genetics in the Twentieth Century*. New York: MacMillan.

Dunn, L. C. (1965). *A Short History of Genetics*. New York: McGraw – Hill.

Fisher, R. A. (1929). *The Genetical Theory of Natural Selection*. New York: Dover.

Fruton, J. (1972). *Molecules and Life: Historical Essays on the Interplay of Chemistry and Biology*. New York: Wiley – Interscience.

Glass, B. (1947). Maupertuis and the Beginnings of Genetics. *Quarterly Review of Biology* 22: 196 – 210.

Garrod, A. E. (1909). *Inborn Errors of Metabolism*. London: Oxford University Press. [Reprinted in H. Harris(1963). *Garrod's Inborn Errors of Metabolism*, London: Oxford University Press, pp. 1 – 93.]

Iltis, H. (1932). *Life of Mendel*. Translated by E. and C. Paul. New York: Norton.

Iltis, H. (1947). A visit to Mendel's home. *J. Heredity* 38: 163 – 166.

Jaffe, B. (1958). *Men of Science in America*. New York: Simon and Schuster. (Morgan, in Chapter 16).

Jacobs, F. (1973). *The Logic of Life: A History of Heredity*. Translated by Betty E. Spillman. New York: Pantheon.

Koestler, A. (1971). *The Case of the Midwife Toad*. New York: Random House.

Lerner, I. M., and Libby, W. J. (1976). *Heredity, Evolution and Society*. 2nd Ed. San Francisco: Freeman.

Ludmere, K. (1972). *Genetics and American Society: A Historical Appraisal.* Baltimore: Johns Hopkins University Press.

Luria, S. (1973). *Life: The Unfinished Experiment.* New York: Scribner.

Maupertuis, P. L. (1966). *The Earthly Venus.* Sources of Science, No. 29. New York: Johnson Reprint.

Mendel, G. (1958). *Experiments in Plant Hybridization.* Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

Morgan, T. H. (1926). *The Theory of the Gene.* New Haven: Yale University Press.

Nardone, R. M., ed. (1968). *Mendel Centenary: Genetics, Development and Evolution.* Washington, D. C.: The Catholic University of America Press.

Olby, R. (1966). *Origins of Mendelism.* New York: Schocken.

Peters, J. A., ed. (1959). *Classic Papers in Genetics.* Englewood Cliffs, N. J.: Prentice - Hall.

Punnett, R. C. (1950). Early days of genetics. *Heredity* 4: 1 - 10.

Riddell, N. N. (1903). *Heredity and Prenatal Culture Considered in the Light of the New Psychology.* Chicago: Riddell.

Roberts, H. F. (1929). *Plant Hybridization before Mendel.* Princeton: University Press.

Roper, A. G. (1913). *Ancient Eugenics.* Oxford: Oxford University Press.

Sootin, H. (1959). *Gregar Mendel, Father of the Science of Genetics.* New York: Vanguard.

Srd, A. M., Owen, R. D. and Edgar, R. S. (1965). *General Genetics.* 2nd Ed. San Francisco: Freeman.

Stent, G. S. (1971). *Molecular Genetics.* San Francisco: Freeman.

Stern, C., ed. (1950). The Birth of Genetics. Suppl. *Genetics 35*: (5) pt. 2. (English translations of letters from Mendel to Nägeli and papers of de Vries. Correns. and Tschermak.)

Stern, C. (1953). The Geneticist's Analysis of the Material and the Means of Evolution. *Sci Monthly 77*: 190 - 197.

Stern, C. (1962). Wilhelm Weinberg. *Genetics 47*: 1 - 5.

Stern, C. (1970). The continuity of genetics. *Daedalus 99*: 882 - 908.

Stern, C. and Sherwood, E. R., eds. (1966). *The Origins of Genetics.* San Fran cisco: Freeman.

Stern, C. (1973). *Principles of Human Genetics.* 3rd Ed. San Francisco: Freeman.

Stubbe, H. (1972). *A History of Genetics from Prehistoric Times to the Rediscovery of Mendel's Laws*. Cambridge MIT Press.

Strutevant, A. H. (1965). *A . History of Genetics*. New York: Harper and Row.

Sturevant, A. H. (1946). Thomas Hunt Morgan. *Amer. Nat. 80*: 22 – 23.

Toulmin, S. E., and Goodfield, J. (1966). *The Architecture of Matter*. New York: Harper and Row.

Tschermak – Seysenegg, E. Von. (1951). The rediscovery of Gregor Mendel's Work. *J. Heredity 42*: 163 – 171.

Udny, Y. (1902). Mendel's Laws and Their Probable Relations to Interracial Heredity. *New Phytologist 1*: 193.

Vries, H. de(1901 – 3). *The Mutation Theory* Leipzig: von Veit.

Vries, H. de. (1905). *Species and Varieties. Their Origin by Mutation*. Chicago: Open Court.

Watson, J. D. (1970). *Molecular Biology of the Gene*. 2nd Ed. New York: Benjamin.

Weismann, A. (1889). *Essays upon Heredity and Kindred Biological Problems*. Chicago: Open Court.

Weismann, A. (1893). *The Germ – Plasm, A Theory of Heredity*. Translated by W. N. Parker and H. Ronnefeldt. New York: Scribner.

Wheeler, W. M. (1923). The Dry – Rot of Our Academic Biology. *Science 57*: 61.

Whiting, P. W. (1935). Sex Determination in Bees and Wasps. *J. Heredity 26*: 263 – 78.

Wright, S. (1959). Genetics and the Hierarchy of Biological Sciences. *Science 130*: 959.

Zirkle, C. (1951). Gregor Mendel and his Precursors. *Isis 35*: 97 – 104.

Zirkle, C. (1964). Some Oddities in the Delayed Discovery of Mendelism. *J. Heredity 55*: 65 – 72.

第十四章　二十世纪的遗传学：分子生物学和举世瞩目的噬菌体

一　遗传的物质基础

在吸收了孟德尔的遗传学、魏斯曼的理论以及知道了许多以往用显微镜观察到但还无法解释的现象之后，科学家们已有能力来着手解决下列问题了：孟德尔的因子是什么？它们是在什么地方什么时候发生分离和重组的？生物学家一旦把自己对进化和变异的偏见扔在一边，遗传之谜也就开始显示出其真面目了。在二十世纪内对细胞的显微和化学的研究同研究遗传的变异性及稳定性的统计和实验方法结合了起来，不久，遗传学便突然变成了一门极为重要的科学学科。

在威尔逊 E. B. Wilson 所著的《发育中的细胞和遗传》一书中，对有关细胞的流行观点作了很有价值的索引。这本书于 1896 年初版，后来又出了各种不同的版本。这些版本反映

了在孟德尔定律重新发现前后遗传学和细胞学的状况。当时，科学家们知道精子和卵都含有相同数目的染色体；配子内的染色体数目是体细胞染色体数目的一半；染色体的有丝分裂是纵向分裂；分给配子的染色体数目只有一半，是通过特别的减数分裂而实现的。然而，许多生物学家相信，所有的染色体都是等价的。

萨顿—博维里假设

对细胞学的进一步研究，澄清了某些混乱的观点。有好几个科学家已经接近于理解繁殖实验中所列出的经典“因子”与有丝分裂、减数分裂中染色体行为之间的关系。但是，清楚地说明遗传因子具体位于染色体上面的这一概念，却是
438 萨顿 W. S. Sutton 1877－1916 的功绩。为了赞誉博维里 T. Boreri 1862－1915 有时也把这个概念称为“萨顿—博维里假设”。博维里天才地证明了染色体并不是相互等同的物质小片，而是一组染色体，其中各个染色体在性质上各不相同。萨顿和博维里各自使用自己的方法，证实了每个染色体都各有自己的特性。博维里的证明是建立在胚胎学和细胞学研究的基础上的。在其经典的实验中，他找到了两次受精卵发育畸变的根源在于染色体的组合不正常。他的这次实验在其题为“作为细胞核分析方法的多极有丝分裂”论文中作了描述。[1]

1903 年，萨顿在题为《遗传中的染色体》的论文中，提出了一个预言：他认为，进一步的工作将证明，“父本和母本的染色体联合成对及它们以后在减数分裂中的分离……将构成孟德尔遗传定律的物质基础”。而且，萨顿还提出，不同对的染色体的随机分组可以解释成对基团的独立分离。[2] 这些工作终于把细胞学和遗传学结合起来，产生了极其丰硕的成果。萨顿曾是麦克朗 C. E. Meclung 的学生，麦克朗曾开创了

对性染色体的研究。1902年,麦克朗提出有一对特别的染色体同决定雌雄的性别有关。萨顿发表他划时代的著作时,还只是个哥伦比亚大学威尔逊的研究生。尽管他作了很好的研究,但却没有完成他的研究生学业。后来,萨顿获得了医学博士学位,成了一名外科医生。

连锁现象

萨顿一博维里的假设似乎解释了孟德尔因子的性状分离与染色体行为之间的关系,但由此也带来了新的困难。因子的数目必定多于细胞核内染色体的数目。而且从经典的繁殖实验中也呈现出另一个明显的困难,即随着对愈来愈多性状进行研究,逐渐明确了独立分配并不是一个普遍现象。尤其是贝特森和庞尼特 R. C. Punnet 在 1905 年证明了甜豌豆中的某些基因始终在一起传递。贝特森又一次起了宣传员的作用,促进了有关这一问题的进展。不过贝特森在接触这个情况时使用了"复制"的概念,事实上是完全不正确的,可是他感到要他放弃自己的假设去接受连锁论点又十分困难。

德佛里斯和萨顿两人都认为孟德尔因子的数目必然多于染色体的数目。在染色体和单位性状之间确实有着一定的关系。但是,哪是单个基因的基础呢?是整个染色体,还是染色体上某一部分?答案必然是后者。萨顿写道:"否则,一个个体所具有的明显性状,就不可能超过在生殖细胞中的染色体数目……"[3] 因此,同某一特定染色体相联的一切性状,必然是一起遗传的。

摩尔根 T. H. Morgen 实验室的研究工作,为遗传的染色体基础和连锁群中基因的排列提供了实验证据。

摩尔根 Thomas Hunt Morgen 1866 – 1945 和果蝇

摩尔根实验室的实验体系和方法,能够解决基因、性状、染色体和重组统计学之间的相互关系这一令人困扰的问

题。摩尔根找到了果蝇 Drosophila melanegaster[①]作为理想的实验材料。这种生物的生活周期短，繁殖量大，并容易在实验室中保存。更重要的是，这种蝇每个细胞只有四对染色体，每对的形状、大小各不相同，而且它还具有好几十个容易识别的遗传性状。

对果蝇最早作出书面描述的也许是亚里士多德，他曾经提到有一种从粘液的幼虫产生出来的小昆虫。人们开始把这种蝇放在 *Oinopta* 嗜酒者属中，以后它又获得了“爱露者”的称号。最常用的一个种——黑腹果蝇似乎起源于东南亚，也许在 1871 年前它们附在一串香蕉上来到了美国。昆虫学家伍德沃思 C. W. Woodworth 可能首先在实验室中饲养了果蝇。卡斯尔 Castle 教授认识到这种蝇的优点之后，便把它介绍给了摩尔根。摩尔根如此有效地研究了这种生物，以致于后来有人说这种果蝇是上帝专门为摩尔根创造的。果蝇繁殖迅速，生活周期为两周，十天就能从卵发育为成虫。它是如此之小，只有约十英寸长，因此可以在几个牛奶瓶内的香蕉浆上放上几千只；它又是如此之大，只要在低倍显微镜下就能进行观察和研究。仅仅一对雌雄果蝇一次就可以产生出几百个后代。到 1925 年时，摩尔根已经在这种小生物上鉴别了约一百个不同的基因。

摩尔根生于弗吉尼亚州的列克星敦，曾在肯塔基州立学院学习，后在约翰斯·霍普金斯 Johns Hopkins 大学当研究生。摩尔根在布林马尔 Bryn Mawr 大学、哥伦比亚大学以及加州理工学院当过教授。他起初曾爱好实验胚胎学，但是有一次访问了德佛里斯的实验园以后，却对“变异”现象，特别是那些大的，不连续的突变类型感到兴趣。摩尔根与贝特森、

① 果蝇中最常见的一种，称黑腹果蝇。

德佛里斯一样，对传统的以连续变异作为进化原初材料的这种达尔文理论抱有怀疑。由于对突变的兴趣，促使他在多种动物——小鼠、大鼠、鸽子、虱子以及果蝇上作繁殖实验。开始，诱导突变的尝试完全没有结果。

尽管摩尔根作为基因理论的创始人而获得了 1933 年的诺贝尔奖金，但是他开始时对孟德尔工作的普遍意义却十分怀疑，特别是在读了科恩诺 L. C. Cuénot 1866 – 1951 关于老鼠 440
遗传的论文后更是如此。当时对科恩诺的繁殖实验所作的解释，由于复等位基因这一因素的作用而变得复杂化了。

1910 年，摩尔根把一篇论文寄给《美国博物学家》杂志。文章论证说，孟德尔因子不可能由染色体所携带，因为，倘若由染色体携带，同一染色体上的性状势必一起“孟德尔化”。这篇论文刊印之前，摩尔根在果蝇上的实验已经使他相信了孟德尔定律的价值。此外，他进一步发现了明显的证据——独立分配定律的明显偏差是源于连锁作用。也就是说，他发现了两个性状可以由一个染色体携带。连锁现象首先是由于发现了“白眼”和“残翅”与性别相关连而确定的。关于双突变的研究则揭示了另一现象——同源染色体间的基因交换。

“白眼”和“残翅”突变几乎仅仅出现在雄蝇上，因为这种性状由 X 染色体所携带雄 = XY 雌 = XX。因此，同这种突变有关的正反交不产生完全相同的结果。这两种突变对同一个染色体对上的基因能否重组这个问题进行了完整的检验。两种突变体之间的杂交清楚地显示出确实发生了这种重组。由于在 X 染色体上这些性状的基因互相间隔得很远，因此，“交换”是普遍的。这些研究支持了詹森斯 F. A. Janssens 1863 – 1924 的染色体“交叉型假设”。1909 年，詹森斯已经注意到，一对染色体上的各个部分有时似

乎粘集在一起，并且他提出伴随着交叉的形成，还可能有片段的物质交换。由于白眼基因和残翅基因在 X 染色体上相距很远，因此，与所预期的孟德尔比例之间的偏离，并不能对连锁和交换提出足够肯定的证明。但是，1911 年研究了“白眼”和“黄身”间非常低的重组现象，提供了一个更为有力的例子“交换”一词用来描述同源染色体之间基因的偶然相互交换。

摩尔根认识到，由交配试验而确定的连锁的程度，可以用来测量染色体上基因间的距离。1911 年，他提出了“染色体遗传理论”，指出，同一染色体上基因间的重组程度是它们空间分隔距离的量度。“染色体图”的概念导致了活跃的工作和实验的热潮。斯特蒂文特 A. H. Sturtevant 1891 - 1971 年在 1911 年时还是一个在校大学生，但他在同摩尔根的一次谈话以后，认识到基因间连锁强度的变异，是探索它们在染色体上线性排列的顺序的标志。正是在那个晚上斯特蒂文特画了一张染色体图。1913 年，他在《实验动物学杂志》上发表了
441 他的结果：“由其联合的模式来看果蝇六个性连锁因子的线性排列。”

染色体理论，或如摩尔根所谓的“基因理论”，开始并不被所有的科学家所接受，但如同任何真正的科学突破那样，这个理论引起了一大批实验。贝特森于 1922 年访问了摩尔根实验室之后，放弃了对遗传染色体理论的怀疑，并写信表示他对“已在西方升起的星星”的敬意。在通俗的概念中，染色体理论虽被描绘为串在线上的珠子，好像很是简单。但在摩尔根的眼里，基因理论却是强有力的，复杂微妙的高度总结。1928 年他概述如下：

基因论认为：个体的种种性状起源于生殖质内连在

一起，形成若干连锁群的成对的要素（基因）；生殖细胞成熟时，每一对的两个基因依孟德尔第一定律而彼此分离，于是每个生殖细胞只含一组基因；不同连锁群内的基因依孟德尔第二定律而自由组合；相应的连锁群内的成员基因之间有时也发生有秩序的交换；交换的频率可以提供有关每个连锁群内成员间线性排列的证据，同时也能表明成员相互之间的相对位置。[4]

摩尔根通过他那大量的著作以及他的学生，对遗传学和细胞学的发展产生了巨大的影响。他的学生布里奇斯 C. B. Bridges 1889 - 1938、斯特蒂文特、斯特恩 C. Stern 和缪勒 H. J. Muller 通过自己的努力成了这个领域的先驱。缪勒在诱导突变上的工作特别重要。

缪勒 Hermann Joseph Muller 1890 - 1967 和突变理论

德佛里斯是第一个把遗传学家的注意力引向到对突变的实验研究上的科学家。虽然人们不得不放弃他那通过大型突变而进化的概念——变异大到这种程度，以致足以直接形成新种，但是他的突变理论确实指出了“不连续变异”的重要性。摩尔根小组的工作虽然显示出了突变体在遗传分析中的价值，但自然的突变率太小了，以致于要把突变作为一个过程来进行定量的研究，实际上是不可能的。第一个成功地用果蝇来系统地研究突变现象的是缪勒。缪勒出生于纽约，在哥伦比亚大学学习了生物学。在他受教育的早期，他就决定了以遗传学作为终身的事业。他在康奈尔 Cornell 医学院度过一个短时期后，又回到了哥伦比亚大学 1912 - 1915 年，并被委任为讲师。以后又同赫胥黎 J. Huxley 爵士在赖斯 Rice 学院度过了一段时间。1932 年去柏林，然后又到俄国，在科学院研究遗传学。由于那里发生了李森科 Lysenko 事件而导致

瓦维洛夫[①] N. I. Vavilov 1887－1943 的下台，缪勒对此非常失望。他在爱丁堡待了三年以后，便回到了美国。最后，他成了印第安纳大学的动物学教授。

缪勒首先认识到，“突变”这个术语过去曾应用于好几种性质截然不同的现象上了。从遗传学观点来看，这些现象相互之间毫无关联。虽然“突变”是指新遗传类型的突然出现，但是缪勒发现，有些所谓的“突变”是孟德尔重组现象的某些特例，有些是由于染色体的反常分布，又有些则是由于个别的基因或遗传单元的变化所致。缪勒论证说：“为了科学概念上的明晰”，这个术语的使用应当加以限制，并重新定义为“基因的变更”。他不得不放弃对于晚报春花的研究这曾经是形成突变理论的支柱，因为它们同真正的突变无关，而是由于染色体分配上的畸变而引起的。[5] 缪勒把突变定义为在某一基因中的可遗传变化，并开始了对突变问题的全面研究。他试图用各种手段来增加果蝇的突变率。当他开始工作时，他实验室的同事们已经经过艰苦的努力，鉴定了至少一百个突变位点。

1927 年，缪勒宣布 X 射线是强有力的基因突变剂。当其他的遗传学者们还只能被限制在实验群落中所出现的少量自然突变体上时，缪勒在短时间内就能人工产生出几百个突变体。他发现这些突变体的绝大部分“在遗传上是稳定的，并且其中大多数都以一种典型的孟德尔染色体突变基因的方式进行活动，这种突变基因在有机体中是普遍存在的”。缪勒的报告迅速地被斯塔特勒 L. J. Stadler 所证实，斯塔特勒发现，用 X 射线或镭对大麦种子进行照射可诱导突变。

① 瓦维洛夫：前苏联科学院院士，杰出的细胞遗传学家。受到李森科等人的攻击和迫害。

缪勒由于研究了X射线对突变率的影响，于1945年获得诺贝尔医学奖。然而，他对遗传学的兴趣远远超过对果蝇的实验研究。早在大学生时代，缪勒就已经对进化和人类遗传学有着浓厚的兴趣，他也关心着怎样保持和改进人类的基因库。他注意到，大多数突变是稳定的，有害的，并且一般是隐性的。因此，突变的知识对优生学和人类生育有深远的意义。按照缪勒的说法——

> 没有选择……不符合需要的基因必将不可避免地积累起来，直到种质变得……越来越充满了缺陷而完全败坏，……就自然选择需要的隐性性状也决不会受到更多的影响而得到发展。因为每个这类隐性基因在表达时都是同致死基因联在一起的。[6]

虽然他打算主要通过研究孪生子来确定人类发育过程中环境和遗传两种因素之间相对的重要性，但是他却预言道：除非人类或大自然周期性地进行近亲繁殖和选择，否则将会“在进化过程中出现一个完全而永久的衰退”。

随着突变研究的成功，缪勒见到了从对进化的基本机理问题的探讨逐渐转变到“突变发生的特征、频率和方式”中所产生的问题上。由于他把优生学看做为进化科学的特殊分支，因此，对优生学来说，突变必将要给予最基本的关注了。缪勒当然提出过许多关于人类进化和人类“突变负荷”的严肃问题。但是，许多科学家却怀疑人类的智慧是否足以把关于选择即优生学的措施应用于人类本身。

基因是什么

摩尔根和其他人对果蝇的遗传学研究具有深远的重要性。人们对遗传机制特别是对突变产生和分析研究得越详

细，越促使人们要求了解基因的实际物理性质。就是对突变现象的兴趣也没有冲淡人们对基因的基本特征即基因稳定性的注意。基因通常能产生成千上万个一模一样的复制品。其中错误和突变是极其稀少的。但一旦发生了错误和突变，这些基因的新形式本身又具有很大的稳定性。在经过一段强调对遗传学的研究而不重视进化论的时期以后，由于产生突变的事实是变异的根源，人们也就认为突变的问题是达尔文主义中那些未解决之谜中的一个不可分割的部分。自然选择最终会选择那些不常出现的、关键的、影响到其个体适应的突变。

学者们从几个不同的方向进行研究，由此来理解基因的本质。对遗传机理感兴趣的物理学家们，他们审察现有的同这个问题有关的迹象，并思索着基因的本质。在缪勒发现 X 射线的诱变效应后，他们又发现其它类型的辐射例如紫外线也有相同的效应。在二十世纪三十年代，遗传学家和物理学家开始协同攻关以了解基因问题。例如，遗传学家雷索夫斯基 N. T. Ressovsky、物理学家齐默 K. Zimmer 和理论物理学家德尔伯里克 M. Delbrück 都把注意力转到如何把辐射生物学的“撞击”和“靶子”理论运用于研究突变过程。1935 年，在一篇题为“论基因突变和基因结构的性质”的论文中，他们用量子力学的观点来处理“基因分子”。德尔伯里克曾受到玻尔 N. Bohr 1885 - 1962 1933 年“论光和生命”的文章的影响。后来，薛定谔 E. Schrodinger 1887 - 1961 在《生命是什么?》1944 一书中广泛宣传了德尔伯里克的推测，使得这种推测为科学家所熟知。这本书被称为“分子生物学上的‘汤姆叔叔的小屋’”①。薛定谔提

① “汤姆叔叔的小屋”是描述黑奴文学的开端，此处指薛定谔的《生命是什么?》为分子生物学的开端。

出，对遗传物质的正确认识不可能直接通过物理学来获得，只能“在生理学和遗传学指导下”通过生物化学的进展而获得。[7]

二十世纪三十年代，其他工作者回到了细胞学上，希望能由此阐明遗传物质的性质。贝林对 Jimson 草的研究以及他关于染色体环的讨论 1927 促进了细胞学研究工作的恢复。正如果蝇为繁殖实验提供了优越条件一样，它那巨大的唾液腺染色体似乎是特别为细胞学家而设计出来的。布里奇斯和其他学者们证明了染色体带和连锁图上基因位点的线性顺序之间的关系。布里奇斯也发现了这样的证据——果蝇中某些特别的性质，例如影响眼睛大小的突变，是由于一个染色体片段的重复而引起的。因此，某些性状并非来自真正的突变，而是由于同一染色体物质的两倍化或三倍化造成的。某些基因的效应则同其在染色体上的位置有关。玉米的连锁图以及麦克林托克 B. McClintock 的细胞学研究进一步支持了染色体理论。这样，关于染色体的结构和基因连锁的程度之间的相互关系，在某些动植物的代表类型上，已经有了很好的记录。在这同一个十年里，紫外显微分光光度计量学的发展和特殊染色技术的应用，增加了细胞学研究的价值。巧妙地使用这种技术，使细胞化学家更接近于对染色体化学性质的认识。但是，由于染色体的复杂性，怎样正确地解释这些研究的结果，仍然是十分困难的问题。

用生化技术直接研究遗传物质和突变的化学基础，虽然发展得比较慢，但最终却对遗传学做出了极大的贡献。

二　基因的化学性质

由于化学家和遗传学家不能彼此间分享他们的工作成

果，以及不能相互认识另一方进展的意义，这使他们迟迟未能阐明基因的化学性质。在化学家倾向于冷漠地看待 DNA 的作用时，许多经典的遗传学家们也忽视了有关基因的化学研究。后者认为必须通过更为精密的遗传分析才能揭示基因的秘密。此外，更有些遗传学家不能理解某些特定的颗粒或分子怎么可能是基因物质呢？在对摩尔根和其他学者们的
445 《孟德尔遗传机理》1915 一书的评述中，贝特森 1916 十分不信任地表示：

> ……染色质的颗粒或任何其它物质颗粒，不论其如何复杂，能够具有我们的因子（即基因）所具有的那些能力，都是不可思议的。……染色质颗粒（互相没有区别；在任何已知的试验中事实上几乎都是均一的）能凭借其物质性而显出生命的一切特性，这种假设超越了甚至是最为人所确信的唯物主义的界限。[8]

但是，其他一些遗传学家们确信，基因肯定是某种特定的分子排列。魏斯曼和德佛里斯两人都设想基因是一种特别的化学实体。1910 年，德佛里斯力劝科学家们要把注意力集中于遗传因子上。他写道："正如物理学和化学能最后归结到分子和原子一样，生物科学必需通过把物理学和化学结合起来的方法，并一直深入到分子原子这样的单位上，才能解释生命世界的种种现象"。[9] 某些科学家发觉位置效应的研究结果是如此发人深省，他们只能得出这种结论，"'基因'不过是以某种特定的形式排列在染色上体上的位点，它并不实际存在"戈德施米特 Goldschmidt1938。其他人则把基因看做"一个微小的粒子，也许是具有复制能力的单个大分子"。[10] 有些生物学家，把遗传因子的作用同酶、即"生命蛋白质"的作用进

行了类比。在 1920 年前的十年中，科学家们就基因本身也许是酶，或者基因可能产生酶的各种可能性进行了争论。然而，在生物化学家能阐明蛋白质、酶和核酸的结构和性质之前，任何关于它们在遗传上的功能的争论只能凑凑热闹，不能弄清事实。

回顾过去，阐明基因的化学性质的工作似乎进展极慢。虽然目前知道核酸是遗传的物质基础，但是许多年来，它们在生物化学中一直未引起重视。后来，像故事中的灰姑娘一样，作为遗传的物质基础，核酸却突然发出了它的异彩。

米谢尔 Johann Friedrich Miescher 1844 – 1895

核酸发现者米谢尔的故事，在许多方面，同孟德尔相似。孟德尔被重新发现以后，他的工作被证明是正确的，他的天才受到了人们的赞颂，他的名字则同遗传定律联在一起；而米谢尔被重新发现以后却仍然是一个被人忘却的人。DNA 的发现，现在事实上已被人称为二十世纪的重大科学事件，但一百多年前制备“核素”的人却长期为人忽视。[11]

米谢尔于 1868 年获得医学博士学位以后，来到图宾根向斯特雷克 A. Strecker 1822 – 1872 和霍佩 – 赛勒 F. Hoppe – Seyler 1825 – 1895 学习生理化学。他们让米谢尔研究脓细胞的化学。脓细胞是从外科病人使用过的绷带上洗脱下来而获得的。在试图制取纯核的过程中，米谢尔先用酒精把脓细胞中的脂肪性物质去掉，然后用猪胃黏膜的酸性提取液一种能除掉其它各种蛋白质的胃蛋白酶粗制品处理。这样处理后，米谢尔发现，在留存的核中，有一种含磷很高而含硫很低的强有机酸 14% N，2% S，3% P。这种有机酸的溶解度性质以及它对胃蛋白酶的耐受性，暗示着这是一种新的细胞成份。霍佩 – 赛勒开始时对米谢尔的某些观察半信半疑，但不久，他自己从酵母和其它细胞中也发现了相似的物质。霍佩 – 赛勒提出，这

种新的物质“可能在细胞发育中发挥着极为重要的作用”。这种新物质就被称为“核素”nuclein。从 1871 年到 1873 年，米谢尔继续对莱茵河鲑鱼精子中的核素进行研究巴塞尔当时是鲑鱼渔业中心。用鱼的精子进行研究不仅不像用脓细胞进行工作那样肮脏厌烦，而且对研究十分有利，因为精子的头部基本上都是细胞核，除此之外几乎没有其它东西，因此是 DNA 的一个很好的来源。按照米谢尔的分析，他已经发现了被他称作为鱼精蛋白的新物质，其分子式为 $C_9H_{21}N_5O_3$。后来的分析表明，这种物质是一种有机碱，分子式是 $C_{16}N_{28}N_9O_2$。他还发现了有一个酸溶性的成分，含有 13% N，9% P，分子式为 $C_{29}H_{49}N_9P_3O_{22}$。

核素被认为是一种胶体物质，因为它不能通过羊皮纸滤膜。由于它十分不稳定，提取时必须非常小心，速度要快，还得保持很低的温度。为了制备核素，米谢尔从清晨五时开始，就在一个低温的房间内迅速地工作。最后的制备物可以保存在纯酒精中。虽然他清醒地认识到其研究工作中内在的疑难问题，特别是他那核素制剂的“纯度”问题，但最后他却由于人们对他工作的种种谩骂而感到沮丧。米谢尔觉得自己是在同如此复杂的生物物质作斗争，遇到了如此大的困难，以致于连“真正的化学家都望而却步”。

孟德尔的一生都被人忽视，而米谢尔却并非未曾受到同时代人的注意。不过，人们对他工作的许多批评虽然有些道理，但却不是建设性的。有些英国化学家宣称，核素“无非是一种不纯净的蛋白质物质”。法国化学家维尔茨 A. Wurtz 论证说：米歇尔的结果“从化学的观点来看有点儿含糊”。如果进一步的研究能得到更纯更好而特性更突出的核酸的话，那么，这倒将会是这些批评所产生的有价值的结果。甚至著名的霍佩－赛勒也由于他对核素的工作而受到攻击。耐格里

K. Nägeli 和洛 O. Loew 1844 - 1941 攻击霍佩 - 赛勒关于酵母核素的工作，认为他的结论只是对被 K_2PO_4 和 $MgPO_4$ [①]污染的蛋白质所作出的错误解释而已。

米谢尔由于粗暴的批评而受到了打击，同时由于处事谨慎，不愿意发表初步的资料，因此，1874 年以后，他在核素化学方面的著述很少。他似乎宁愿研究莱茵河鲑鱼的生理学，以及呼吸生理学等等问题。在米谢尔去世前五年左右，他重新开始了研究核素的工作。这些研究的成果在他死后才得以发表。米谢尔对核素的生理作用究竟应如何看待并不完全清楚。在细胞学家阐明受精时精核的作用以前，米谢尔否定这样一种概念，即认为精子"携带了某些特殊的物质，这些物质由于具有某种化学性质而成了授精因子"。但是，在同一篇文章中，他又说：如果我们假定有一种单一物质，能作为一种酵素或化学激活剂而作用，并且是受精作用的特定原因，那么，毫无疑问，我们会想到核素"。尽管如此，米谢尔还是否定有什么特定的受精物质存在。然而，在米谢尔贬低了化学现象在受精中的作用以后，显微镜的进展却毫不含糊地证实了细胞核在受精和遗传中的作用。应用染料进行的研究工作，揭示了细胞中各个组分特有的定位。弗莱明 W. Flemming 1843 - 1905 猜想核素是细胞核的重要组成部分，但他还是使用了"染色质"这个术语，因为他觉得需要进一步用化学手段来证明核素和染色质之间的关系 1882。米谢尔私下推究着在可遗传性状的传递上核素的可能作用。他认为，核素的原子可能形成"异构体"或"几种不同的空间排列"，由此而导致变异，但是，他的同时代人却不能想像在这种分子中怎么可能

① 这两个分子式原书印错，磷酸根是负三价，应为 K_2HPO_4，$MgHPO_4$，或 K_3PO_4，$(Mg)_3(PO_4)_2$。

存在适用于解释遗传现象的足够变异。[12]

又随着其他的科学家相继对核素的研究，核素独特的化学性质变得更为清楚了。但是，当时人们对蛋白质了解得更多些，因此认为，作为遗传的物质基础，蛋白质是更为合理的化学物质。虽然费希尔 E. Fischer 已经对嘌呤核酸的一个组分作了精细的研究，但是，他合成了具有三十个氨基酸的多肽链这个工作，却更加吸引了人们的注意。用这三十个不同的氨基酸残基，人们可以得到 2.635×10^{32} 种不同的组合。这似乎很明显，甚至这样一种中等大小的多肽竟然也能代表大得如此惊人的变异数目。

染色质和核素

在十九世纪末就有人推测，染色质与核素是同样一种物
448 质，都可作为遗传的物质基础。1895 年，威尔逊指出，由两性所提供的染色体互补组是精确的等价物，因此，尽管不同的物种在生殖和发育的其它方面是不同的，但两性在遗传中却起着相等的作用。由于两性在所有的生殖形式中都贡献出相等的物质，遗传的物质基础又必然存在于这种相等的物质中，因此，它必然存在于染色质中。因为染色质似乎基本上和米谢尔的核素相同，所以核素必然是遗传物质。威尔逊作出结论说："遗传也许受到从亲代传到子代的某一类特定化合物的物质传递的影响。"[13]

1885 年，赫特维希 O. Hertwig 1849 - 1922 提出，核素可能负责受精和传递遗传性状。他把受精作用看做是一个物理化学和形态学的过程，而同"精华"、"活力"或"酵素"这样一些古老的模糊概念毫无关系。他还反对利比希 Liebig 和其他人的观点，后者认为受精是一种发酵过程，在这个过程中，精子仅仅起到了一种催化剂的作用。科赛尔 A. Kossel 1853 - 1927 在研究来自胸腺和酵母的核素时，证明了存在着两种核酸。

这两种类型的核酸，一度曾被叫做“胸腺核酸”和“酵母核酸”，现在则被称为脱氧核糖核酸 DNA 和核糖核酸 RNA。两种核酸都含有腺嘌呤、胞嘧啶和鸟嘌呤这三种碱基，但在 DNA 中第四种碱基是胸腺嘧啶，而在 RNA 中则是尿嘧啶。这两种核酸在其糖类的组分上也是不同的分别是脱氧核糖或核糖。

在这个很有希望的开端以后，认识基因化学性质的道路却从正确的进程上被转移开去了。具有讽刺性的是，这个迂回曲折正是改进了的核酸化学分析方法所造成的。在 1910 年和 1930 年之间，染色质似乎失去了它被人们认真地看做是遗传物质的声誉。当时，关于染色质化学的大多数论文，完全不讨论染色质可能具有的生物学作用。生物学家们对染色质的期望也变成了泡影。染色质在细胞周期中的行为似乎十分特别，在某一段时期，染色质仿佛消失了，这好像与遗传物质所特有的性状不一致——特别是在从前一代到后一代传 449
递时所需要的稳定性上。最后，莱文 P. A. Levene 所进行的工作似乎使得核酸作为遗传物质所需要的另一特性——复杂性也消失了。

莱文 Phoehus Aaron Levene 1869－1940 及其四核苷酸假说

1891 年，莱文在圣彼得堡帝国医学科学院获得医学博士学位后，离开俄国移居纽约。莱文在纽约东区行医期间，在哥伦比亚大学学习了化学。1896 年，由于过度劳累和患了肺结核，他需要长时期的休养以恢复健康。在恢复健康期间，莱文决定放弃行医而从事化学。他先去德国进一步学习，后来又在纽约的一所医院里工作，最后进入了新成立的洛克菲勒医学研究所 1905 年。直到他去世前不久他一直同这个机构保持着联系。他的研究几乎包括了每一类重要的生物化合物：脑糖苷、硫酸软骨素、巳糖胺、糖类、磷酸酯糖类和核酸。他继承了费希尔的工作，阐明了核酸化学的基本原理。莱文总是

尽快地发表他的研究结果，而同时发表的内容又十分零碎以致于最后在《生物化学杂志》上发表的论文竟达七百多篇。

莱文在 1900 年开始研究核酸化学，当时，学术界中对核酸的研究工作情况还很糟。莱文在化学方面的工作有助于形成一个关于核酸的比较清晰的图画，并且也有助于把核酸同蛋白质区别开来。对核酸的分析表明，在各种不同来源的核酸中，四种碱基的克分子数相等。这些数据导致了"四核苷酸假说"的理论。这个理论在开始时是作为一种在研究工作中所应用的假设，但不久便成了生物化学的规范。在生物化学领域，人们需要一个概念上的小小革命来推翻四核苷酸解释的学说，而这是需要投入大量艰苦的化学工作的。

为了理解这种情形的困难性，我们必须回顾一下四核苷酸理论在几个水平上的解释。基本上，这一解释意味着在一切来源的 DNA 中，四种碱基都是等量的。在更精细一些组织的水平上，它意味着多核苷酸是由某种确定的、排列顺序不变的单位所组成，而这些单位本身又是由四种核苷酸组成的结合体。最后对这些数据的解释意味着，DNA 是一种同糖原相类似的重复的多聚体。因此，它不可能产生那种对于遗传物质来说必不可少的多样性。

查伽夫 Erwin Chargaff 及四核苷酸假说的让位

在二十世纪四十年代进行的若干研究，使人联想到 DNA 可能是遗传物质。但是由于当时错误地认为核酸是简单的线性排列的四核苷酸多聚体，因此这种设想就被否定了。在这种情况下，孚尔根染色和紫外光显微镜虽然都已经能确定 DNA 是定位在染色体上，但大多数科学家们仍然宁愿把蛋白质认为是遗传物质。在 1946 年到 1950 年间，查伽夫进行了化学方面的研究，这些研究使当时对于 DNA 的看法起了革命性的变化。

图 14－1　查伽夫
引自《生物化学年鉴》44 期　1975

查伽夫于 1905 年 8 月 11 日出生于奥地利的切尔那威治 Czernowiz，这是君主政府的一个省府。当时在维也纳有许多“优秀的大学预科”学校，他就曾在一所这样的学校中受教育。他觉得这种教育的“范围是很有限的，但水平却很高”。他的父母本来还算富裕，但他们的财产却被那惊人的通货膨胀所夺去了他父亲在 1902 年买下的保险单，在二十年后还清时，仅值当时的一张电车票。为了能把关于选择职业的“不愉快决定”推迟四年，并能获得博士学位“在我的那个时代，一个中产阶级的奥地利人没有这个博士学位将感到生活是没有保证的”。查伽夫进入了大学，他之所以选择化学系，如他在回忆中所说的那样，完全出于几个无足轻重的理由。他以前从来没有学过化学，对此一无所知，但似乎只有学习化学，才能使他在毕业后找到工作。他也想到，这样也许有利于和那位拥有酒精提炼厂的富有的叔叔打交道。由于学生必须支付他自己所用的化学药品
451 和仪器的钱，查伽夫选择了这样一位教授，“他的课题既不需要花费许多时间，也不需要花许多金钱”。他于 1928 年毕业，毕业后却没有希望能在奥地利找到职业。奥地利这个国家向外国输出了许多有学术造诣的人。在经过许多周折后，查伽夫终于在哥伦比亚大学找到了工作，年薪六千美元，从此开始了他对核酸的研究工作。[14]

查伽夫从一开始就假定核酸可能像蛋白质一样高度聚合、非常复杂。他对各种来源例如小牛胸腺、脾、肝，人的精子，酵母菌，以及结核杆菌等等的核酸进行了精细的分析。他运用了在第二次世界大战以后才第一次投入实际应用的方法——纸层析、紫外分光光度测量和离子交换层析，非常明确地证明了四种碱基的数量不是相等的。他也推翻了这样一种概念，即认为所有的 DNA 都和小牛胸腺 DNA 相同。然而对同一物种的各个生物体来说，在它们不同器官所得的 DNA，其组成

是恒定的，这也是这个物种的代表性特征。虽然在当时还没有任何一种理论能够解释他的观察结果，但查伽夫强调了这样一个发现——全部嘌呤同嘧啶之间的分子比例以及腺嘌呤与胸腺嘧啶之间和鸟嘌呤与胞嘧啶之间的比例总是大约为1。查伽夫的工作很清楚地说明了核酸和蛋白质一样，是一种结构复杂，令人感兴趣的独特的化合物。

进一步的研究指出，核酸是一些大分子。正如测定精心制备的DNA溶液的黏度、扩散速度和沉降速率时所表示的那样，它们是一种高分子量的长链结构。在二十世纪三十年代，哈马斯顿 E. Hammarsten 1889－1968 和其他人证明，DNA表现得像一根非常长的细棒长度约为宽度的三百倍，分子量显然在五十万至一百万种之间。后来能更为精确地测定这些数据了，并制备了分子量约为三百万，长/宽比例为七百的多种DNA。正如米谢尔已认识到的，“核素”的物理性质，在很大程度上依赖于制备时所运用的方法。

其它关于核酸性质的化学研究成果，来自对侵害植物和细菌的“可滤性病毒”的研究。在二十世纪三十年代末，人们已经知道，这些“传染性的生活液体”是亚显微的、可滤性的感染性因子，它们能在活细胞内繁殖。1936年，斯坦利 W. M. Stanley 1904－1971 应用不久前才用于结晶蛋白质的方法来制备烟草花叶病毒。他发现这种病毒在重复结晶以后，仍然能“保持其恒定的物理、化学和生物学特性不变”。[15] 以后的工作者发现其中可感染部分是一种核蛋白，但是一直到1957年还弄不清楚其中究竟哪一种组分是可感染性的。

二十世纪四十年代，化学家、遗传学家和物理学家正在就为什么基因必然是一种蛋白质，或者多半必然是一种核蛋白等问题发表各自的研究成果时，他们却普遍忽视了另一条有意义的线索，即关于核酸的传递能力的研究。

三　作为遗传物质的 DNA

向基因必然是蛋白质或核蛋白这样一种假设挑战的一系列著名的实验，首先是在艾弗里 O. T. Avery 1877 - 1955 的实验室里进行的。而从某些方面来说，艾弗里的工作仅仅是改进和提高了先前格里菲思 F. Griffith 进行过的研究。

格里菲思 Fred Griffith 1877 - 1941

当时人们已经知道，肺炎双球菌的多种菌株能在人体内引起肺炎。用这种细菌的不同菌株分别注射入各个兔子体内，使之产生抗体，并且制备出各个菌株新鲜培养物的无菌滤液，然后测定这些无菌滤液沉淀抗体的能力的大小，这样就可把不同的菌株区别开来。到 1920 年时，已经明确地建立起来了肺炎双球菌的具体的血清学类型。二十世纪二十年代，海德尔伯格 M. Heidelberger 和艾弗里证明，各种菌株的包在菌体外面的多糖荚膜都是有差异的。那些包有荚膜的类型，在离体长成之后，产生光滑的 S，发亮的圆形菌落。也可以分离出毒性减弱了的变种，这些变种产生没有黏性多糖荚膜的粗糙型 R 菌落。在二十世纪三十年代，艾弗里小组对包有多糖荚膜的各种物质的化学特性作了描述。

1928 年，格里菲思发表了一篇论文。这篇论文，现在回顾起来是很有价值的。但是多年来，它却使人们感到迷惑不解，而不是使人有所领悟。在这篇论文中，格里菲思描述了在观察肺炎双球菌时发现的某些非常奇特的现象，这些现象表明肺炎双球菌能经历某种形式的类型转化。格里菲思把活的Ⅱ型 R 肺炎双球菌同加热杀死了的Ⅲ型 S 细菌一起注射到老鼠体内，结果却从这种老鼠的血液中分离出了活的Ⅲ型 S 细菌。这说明活的非毒性的 R 细菌不知怎么的，竟从死的Ⅲ型 S

细菌中获得了某种物质，这种物质使Ⅱ型R转化成为具有Ⅲ型S多糖荚膜的致命有机体。虽然现在已很清楚了，格里菲思已经观察到了遗传转化现象，但是当时他似乎并没有认识到在他的观察中有遗传物质的传递。格里菲思是伦敦卫生部的内科研究员。他是一位著名的细菌学家和流行病学家，曾对各种类型的细菌进行了多年的研究。但他却既没有对细菌菌株的转化现象做进一步的研究，也没能在生前看到他的工作最终表现出来的意义。1941年，一颗炸弹摧毁了他那破旧的实验室，当时他和助手斯科特 W. Scott 正在里边工作，两人同时身亡。

不久，有几位科学家证实了格里菲思的观察，并证明了无论在动物体内或在试管中都能产生肺炎双球菌的转化现象。他们还发现其中起作用的因子能通过细菌滤不过去的滤膜。1933年，艾弗里的同事阿洛威 J. Alloway，已经制备得到粗制的转化因子水溶液。当然，他还做了提纯这种物质的尝试。正当这样的实验使细菌学家对试图改变病原体的毒性感兴趣，而梅达沃爵士[16]认为，大多数生物学家和遗传学家还都没有注意到这个工作。然而，以后的事实证明不能忽视由艾弗里、麦克劳德 C. Macleod 和麦卡蒂 M. McCarty 在1944年发表的一篇论文。

艾弗里 Oswald T. Avery 1877－1955

艾弗里从Ⅲ型S肺炎双球菌分离得到活性的转化因子后，他把这鉴定为“一种高度聚合的、黏性的脱氧核糖核酸的钠盐”。对这种物质做了检验蛋白质是否存在的试验，结果为阴性。而且，这种转化因子能被“脱氧核糖核酸解聚酶”的粗制液作用而失活，但却能抵抗可分解核糖核酸或蛋白质的酶。虽然他注意到，人们已将转化因子和基因与病毒相比较，但艾弗里在作出关于DNA的遗传功能的结论时还是非常谨

慎的。制备物的生物学活性或许来自同 DNA 结合的微量的其它物质。他认为还不能严格地排除这种可能性。但是，他又认为，如果“像已有的证据所强烈地暗示的那样，真的能证明 DNA 是转化因子的话，那么，必须把这种类型的核酸看做是不单单具有结构上的重要性，而且还具有决定肺炎双球菌的生物化学活性和其它特异性质的机能”。

“如果目前研究的结果能得到证实，”他继续说，“那么，就必须认为核酸具有某种生物学的特异性，但这种特异性的化学基础到目前还未能搞清。”[17] 确实，艾弗里的工作很快便被证实了。并且，过了不久，从其它细菌中也提取到了具有转化功能的 DNA。虽然梅达沃爵士称艾弗里的文章标志着 DNA 的“黑暗时代”的终结，但是直到 1952 年，这种黑暗才被完全驱散。

许多科学家由于对 DNA 的化学性质存在着错误看法，不接受把 DNA 而不是蛋白质当做遗传物质基础的证据。直到沃森 - 克里克的 DNA 模型成功以后，艾弗里和其他学者才能使 DNA 化学的“事实”与 DNA 制备物的生物学活性相协调。在这意见不一的数年间，其它的发现为在分子水平上对遗传机制做出新的解释开辟了道路。人们发现噬菌体能够传递细菌的可遗传的性状；津德 N. Zinder 和莱德伯格 J. Lederberg 研究了这种现象，并称之为“转导”现象。到 1947 年时，在细菌中已经发现了同高等生物的细胞核中的 DNA 相似的 DNA 结构，莱德伯格和塔特姆 Tatum 并证明，在细菌“交配”中发生了遗传重组。对于攻克基因的化学性质来说，细菌和噬菌体在许多方面都比高等生物有利得多。事实上，病毒只不过是在外面套上了一点蛋白质外壳的基因而已。

当时由于许多科学家始终抱着在核酸中的少量污染物也许就是遗传物质这样一种希望，因此大量的工作都用于提

纯这些转化因子。直到 1952 年，人们对 DNA 的作用问题仍然保持着谨慎态度。甚至当高纯度的 DNA 制备物只含有少于 0.02% 的蛋白质都被证明为对转化作用有效时，某些科学家仍然不愿对它作出并接受 DNA 本身就是转化因子的结论，因为仍然有某些微量的其它物质会附着在核酸上。关于这一点，沃森 J. Watson 似乎与别人不同，早在 1951 年，他就想要证明 DNA 是遗传物质了。但一般科学界人士直到 1952 年赫尔希 - 蔡斯 Hershey - Chase 的实验以后，才认真地看待 DNA。

赫尔希和蔡斯实验

在 1951 年到 1952 年间，赫尔希 A. Hershey 和蔡斯 M. Chase 进行的实验，为 DNA 是遗传物质提供了令人信服的证据。DNA 中的磷从亲代噬菌体转到其后代的报告，启发他们进行了有名的混和实验。他们用放射性硫标记噬菌体的蛋白质，然后让这种噬菌体去感染细菌，再把受了感染的细菌细胞放在搅拌器内旋转、离心，把受感染的细菌和更小的颗粒分离开来。

赫尔希开始进行这些实验时，对核酸进入细菌细胞的可能性也许是相当怀疑的。安德森 T. F. Anderson 记得，在冷泉港实验室的某一天，他和赫尔希讨论了那种“极其滑稽的可能性，即只有病毒的 DNA 进入了寄主细胞，在那里，它像转化因子一样改变了细胞的合成过程”。显然，直到 1952 年，当赫尔希和蔡斯证明这笑话“不仅好笑，而且是真的”[18] 以后，人们才开始比较认真地看待这种“可能性”了。

赫尔希和蔡斯发现，大多数噬菌体 DNA 仍然同细菌细胞在一起，而噬菌体的蛋白质则被释放到上清液中。因此，他们认为噬菌体的蛋白质只是噬菌体附着在细菌上时所需要的保护性外套，同时也是把噬菌体 DNA 注入到细菌中去时

所需要的工具，但对细胞内噬菌体的生长是没有作用的。由于赫尔希和蔡斯把做有标记的噬菌体蛋白质外壳同被感染细菌细胞分离开来的技术还有某种程度的不完善，他们并没有宣布他们的资料已提供了证明 DNA 是遗传物质的确凿证据。只是试着作出了如下叙述：

> 我们推论，含硫蛋白质对噬菌体增殖不起作用，而
> 455 DNA 则有某些作用。我们的实验清楚地表明，用物理方法把噬菌体 T_2 分离成遗传的和不遗传的两个部分是可能的，……然而，要对其遗传部分的化学性质做出鉴定，则须等到上述某些问题得到解答之后才行。[19]

显然，赫尔希—蔡斯实验的化学证据没有为 DNA 的遗传作用提供出使人非信不可的证据。当时，在转化因子的研究中，它已被比作是基因和病毒。这种研究也已经指出了同噬菌体实验相同的方向。按照梅达沃的说法，那种认为转化因子是核酸的想法，“引起了许多科学家的不满，因为他们无意识地同情和悲叹那些关于神秘事物的他们所熟知的和习以为常的答案，因为这些是和他们共同成长起来因而受到他们热爱的东西”。[20] 幸运的是，赫尔希在由德尔伯里克领导的小组中工作，而这个被称为“噬菌体小组”的集体，是一个紧密配合，充满革新精神的集体。

虽然有些科学家们觉得对赫尔希—蔡斯的资料应该谨慎地加以解释，但是噬菌体小组的人员却痛快地接受了这一成果，认为它是 DNA 遗传作用的很好证据。噬菌体小组中一名较年轻的成员沃森，认为这一成果是“DNA 是主要的遗传物质”[21] 的强有力的新证据。由于美国国务院不允许卢里亚 S. Luria 参加 1952 年 4 月份在牛津举行的普通生物学学会

的会议，因此由沃森作为会议的代表。会上，他介绍了赫尔希—蔡斯实验，并雄辩地阐明了用这些资料足以证明 DNA 便是遗传物质的道理。在这一点上，他的论述可能比赫尔希自己所做的更加强而有力。

因而，在 1953 年，噬菌体工作者第一次具有了一条德尔伯里克所称的“总路线”。[22] 当时，虽然 DNA 就是遗传物质的这种观念正在被人们接受，但由于它的结构仍然是一个谜，因此，对基因的化学本质与基因作为遗传信息的运载体这两者之间的关系，尚不能做出明确的解释。1953 年，沃森和克里克 F. Crick 描述了一个 DNA 结构的模型，它立即暗示出了关于核酸生物学活性的解释。

沃森和克里克的奇遇

沃森和克里克阐明了 DNA 的立体结构，这被欢呼为是二十世纪生物学上最伟大的成就之一，其程度可媲美于前一世纪的达尔文和孟德尔的成就。对 DNA 结构的认识，导致了大量涌现出与遗传有关的种种新发现。在沃森—克里克结构 456
模型中，科学家可以推测到 DNA“怎样在每一个细胞世代中自我复制，怎样在个体发育和机体功能上起作用，怎样经历那种作为有机进化基础的突变过程”。[23]

沃森和克里克是利用了富兰克林 R. Franklin X 射线衍射的资料，并结合自己的猜测才提出了他们的模型的，因此，应该先略微谈一下在 X 射线衍射方面的研究。当时，有好几个 X 射线结晶学家试图确定 DNA 及其组成部分的分子尺寸键长、键角。其中以阿斯特伯里 W. T. Astbury 1898－1961 的先驱性工作以及他对自己工作价值的估计最为突出。阿斯特伯里把自己估价为“α 和 ω，即整个事情的开始和结束”，而他的工作对于研究 DNA 的结构来说，确实是一个富有成果的开端。X 射线衍射图像暗示出，DNA 是多聚核苷酸的长链排列，

"有点儿扁平的核苷酸，在分子长轴上垂直地伸展出去，形成相对刚性的结构"。1947 年，大约在查伽夫推翻四核苷酸假说的时候，阿斯特伯里从 X 射线的研究中作出结论，"X 射线结构图的完善程度"支持了莱文关于 DNA 组分规律性的理论。[24] 阿斯特伯里对四核苷酸排列顺序规律性的推测虽然是错误的，但他却清楚地得出了 DNA 具有结晶结构的结论。但这种结构究竟是怎样的，在沃森同克里克协力合作之前，仍然是一个谜。

沃森 James D. Watson

沃森看上去是一位很典型的已获博士学位的美国研究人员。他在 1951 年遇到了克里克，克里克比他大十二岁，但当时还是个研究生。两年以后，沃森和克里克两人都誉满全球了。他们两人都把成功归因于他们的特殊结合——两人相互补充、相互批评以及相互激发出对方的灵感。这两位科学家之间的对照是非常引人注目的。

沃森在中学期间是一个极其聪明的孩子，十五岁时便进入了芝加哥大学。当时由于一个允许较早入学的实验性教育计划，使沃森有机会从各个方面完整地攻读生物科学课程。
457 他很热心于鸟类学，而对其它任何东西似乎不特别感兴趣。当时教胚胎学和无脊椎动物学的韦斯 P. Weiss 回忆道，沃森"完全不关心在课堂上进行的任何事情，他从来不做什么笔记，但在课堂结束时，他的成绩在班上却总是名列前茅的"。[25] 在大学期间，沃森在遗传学方面虽然很少有正规的训练，但是他回忆说那时他已经决心要在遗传学上下功夫了。阅读薛定谔的《生命是什么?》一书，"极化"Polarized 了他去"发现基因的秘密"。[26] 由于加州理工学院和哈佛大学都未招收他，他便在印第安纳大学当研究生。在这里有缪勒、索恩本 T. Sonneborn 和卢里亚等学者。1947 年他在密执安大学参加

了一个高级鸟类学和系统植物学的暑期班。印第安纳大学动物学系系主任和理学院院长佩恩 F. Payne 向沃森介绍了他系里的遗传学和实验胚胎学研究生学科。但是佩恩暗示沃森如果主要兴趣仍然在鸟类学方面，那么，建议去别处。

在这些教授中，显然应选择缪勒作为撰写论文的导师，但是沃森认为“果蝇的黄金时代已经过去，许多最优秀的比较年轻的遗传学家如索恩本和卢里亚等，都用微生物做研究的材料”。而且沃森认为，噬菌体比草履虫更有利，因此决定在卢里亚指导下工作。由于卢里亚是德尔伯里克的挚友，沃森更加确信自己的选择是正确的。遇到了德尔伯里克以后，沃森有时担心自己“由于缺乏用数学方法来思考问题的能力，这很可能意味着我永远也不能做出任何重要的事情”。[27] 但有幸的是，他善于集思广益，博取众长，善于用他人的思想来充实自己。只要有更便利的方法时不必强迫自己学习整个新领域，也能获得所需要的东西。沃森当研究生时，是噬菌体小组的年轻成员。这个小组是一个特殊的科学家核心集团，在他们中间，“日常接触间便可以讨论问题，交流资料，而其他人则要等到正式论文在学术杂志上发表后才能知道”。[28]

虽然在《双螺旋》一书中提到，沃森离开印第安纳大学时，对化学、物理学和科学文献方面一无所知，但从他论述噬菌体复制中 X 射线的效应那篇博士论文来看，却并非如此。沃森二十二岁得博士学位，然后被送往欧洲继续深造。因为和卢里亚—德尔伯里克小组的杰出人物们为伍，沃森确信“欧洲那步子较慢的传统更有利于产生第一流的思想”。在哥本哈根，他同卡尔喀 H. Kalckar 和马勒 O. Maaløe 一起工作了一年以后，又转到了卡文迪什实验室的佩鲁茨 Perutz 小组，在那里研究植物病毒核酸的分子结构。

在剑桥，沃森发现自己同克里克气质相投，两人都对遗

传学很有兴趣，尤其是对它最基本的部分——“基因是什么，基因的作用是什么”[29] 兴趣更大。

克里克 Francis Crick

克里克的家庭原先是个富有的中产阶级家庭，但是他父亲和叔叔所经营的靴鞋工厂在第二次世界大战前的经济萧条中破产了。在米海尔读中学时，克里克就已经因为他那尖声尖气的说话和大声发笑的习惯而引人注目。1934 年离开米海尔的中学时，克里克已在物理学和数学上初露头角，但化学方面则成绩一般。克里克的家庭中没有人像他那样对科学充满热情。家里人都称克里克为“胡桃夹”，因为他们认为克里克的兴趣过于狭窄。1937 年，克里克在伦敦大学学院得到学士学位，他的家庭和朋友们由于他在物理学上没有取得
458 第一名而感到失望。第二次世界大战中断了他的研究生学习。他进入了特丁顿的英国海军部研究实验所。他作研究生时，用来工作过两年的仪器被一颗德国炸弹实际上是一颗用作炸弹的海军水雷所摧毁。

克里克的才能在水雷设计部内虽然得到赞赏，但是，他那喜欢直言不讳地表示不肯苟合人们无聊谈吐的脾性，却在他和同事之间造成了某些紧张关系。战后，尽管他最后计划从事粒子物理学的基础或物理学在生物学上的应用的研究，但却仍然留在伦敦海军情报部工作。在读了薛定谔的《生命是什么?》以后，他确信“如果使用物理学和化学的概念，那么生物学的基本问题就完全可以应用精确的术语来思考”。[30] 有趣的是，当沃森和克里克描述出 DNA 的结构及其在遗传上的含意时，薛定谔却失去了对这个问题的兴趣。克里克曾寄给薛定谔一份 1953 年刊在《自然》杂志上的论文复本，但没有收到任何答复。

由于反对家庭里严格的基督教公理会的理想模式，克里

克高兴地采取了反活力论者的态度，并且力图“证明那些显然是由于太神秘而被认为不可能由物理学或化学规律来解释的领域，事实上却能用理化规律来做解释”。因此他打算学习脑生物学或分子生物学，因为他认为这是“生命和非生命之间的分界线”。1947 年 9 月，克里克来到“史屈威研究实验室”，在费尔 Fell 博士指导下，重新开始了研究生的学习。他曾打算在贝尔纳 J. D. Bernal 教授指导下从事核酸和蛋白质的 X 射线结晶学工作，但没有成功。不幸的是，当时史屈威实验室的研究内容已从研究关节炎转到了确定原生质的黏度上。从 1947 年到 1949 年，克里克按照一个精读计划，自修了生物学和物理学。1949 年，他摆脱了“无关紧要”的细胞学工作，在卡文迪什实验室同佩鲁茨一起使用 X 射线技术研究蛋白质及蛋白质分子结构。一年以后，在肯德罗 J. Kendrew 的建议下，克里克作了一题为“多么狂热的追求”的报告，其中暴露了佩鲁茨、肯德罗和布拉格 Bragg 关于血红蛋白分子工作中的错误。此后，他同布拉格爵士的关系变得十分紧张。虽然已经三十五六岁了，但克里克还不能有一段足够的时间专心致志于一个题目来作博士论文。当那篇世界闻名的 DNA 论文发表时，克里克还仍然在为从他那“乱七八糟的”许多题目中整理出一篇可以提交的论文而奋斗着。[31]

克里克把沃森看做是“我所遇到过的，以同我一样的方式思考生物学问题的第一个人”。而沃森则认为克里克是“我所共同工作过的最聪明的人”。两人的个性截然相反。沃森是个孤独、文静而具有内向性格的人。相反，克里克则以大声谈话和纵情欢笑而为人所熟知。他是一个外向性格者。沃森从来也没有看到过他“有羞怯的时刻”。他们的合作表现出了沃森在科学家之间建立有益的互相合作关系的天才。即使对威尔金斯 M. Wilkins 这样一个冷漠而怪僻的人，沃森也和他有

着相当奇妙的关系，这是另一个极有成果的相互关系的例子。沃森和克里克之间的合作是幸运的，因为克里克不相信沃森或他自己能够单独发现 DNA 的结构。如果沃森没有来到剑桥，这个历史的进程又将可能是怎样的呢？克里克写道：

> 沃森和我没有"发明"这个结构，它就在那里，等待着人们去发现。我似乎觉得，我们两人中无论是谁都不能独立地发现它，但富兰克林已经非常接近这一点了……威尔金斯在富兰克林去世以后，应该在他某一个凑巧的时刻也会达到这一步。鲍林是否将作第二次尝试……我难以肯定……其他生物化学家们是否也会最后征服它呢？如果是这样，其结果又会有什么不同呢？[32]

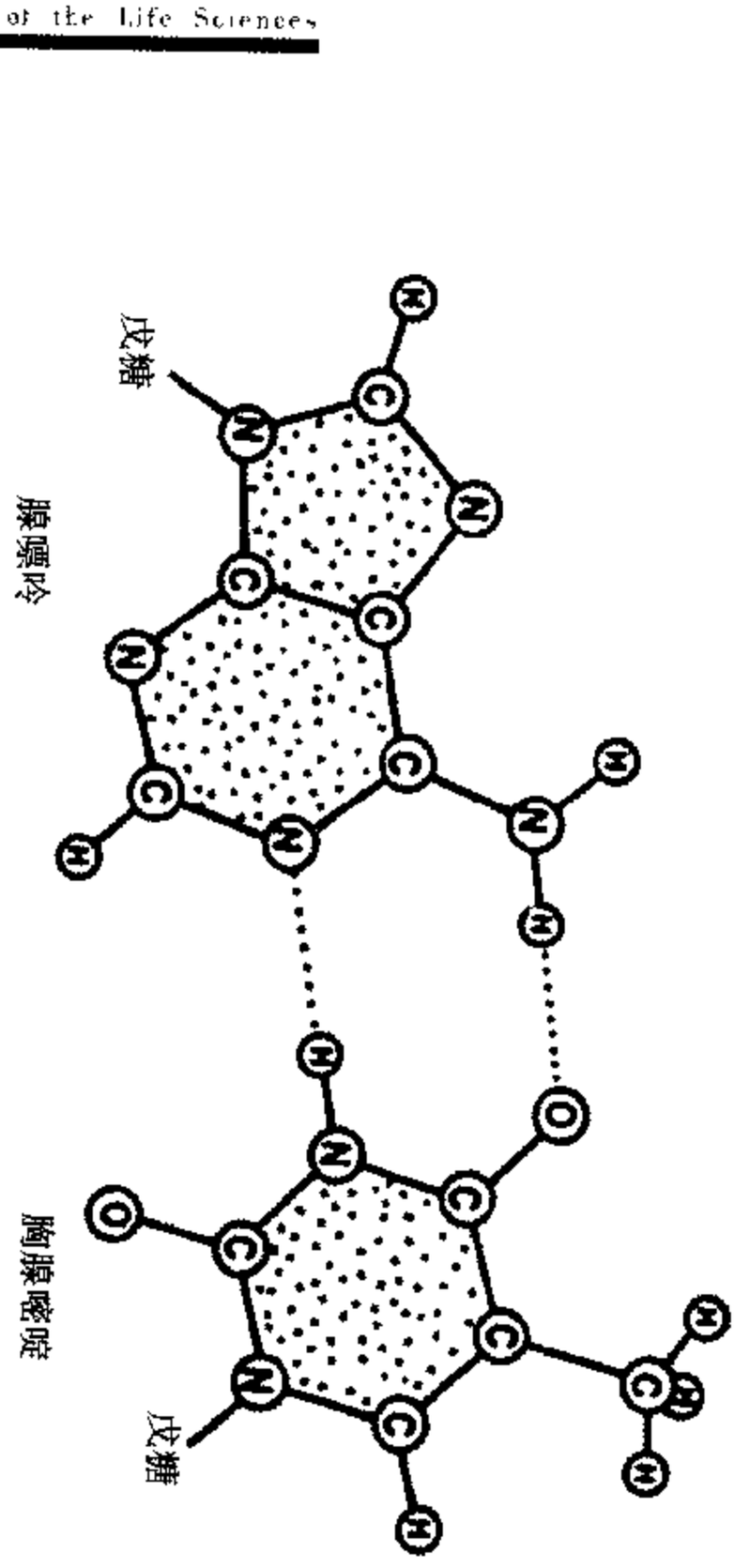
沃森和克里克进行了一系列的推测，多次建立模型，以及没有得到富兰克林的同意就利用了她的 X 射线结晶学数据，并把这些工作结合起来，才得出了 DNA 的双螺旋结构模型。[33]1953 年，他们在《自然》杂志上发表了第一篇论文，文中描述了他们的"脱氧核糖核酸盐的崭新结构"。结合了这个普通的化学假设，这个结构的"新特征"在于"两条链的接合方式很不寻常，它们是由嘌呤和嘧啶两种碱基连接起来的"。[34]在他们提出的双螺旋模型中，碱基的平面垂直于纤维结构长轴，一条链上的嘌呤始终与另一条链上的嘧啶配对，它们通过决定位置的氢键而自行结合起来。按照沃森和克里克所说，腺嘌呤始终同胸腺嘧啶配对，鸟嘌呤则同胞嘧啶配对。这些成键规则解释了查伽夫有关嘌呤和嘧啶两者间克分子比例的数据。虽然在一条链上，四种碱基可以按任何顺序排列，但一旦一条链上的碱基排列确定以后，由于自行形成氢键的原则，另一条链上的碱基顺序也就可以确定了。根据沃森一

克里克的双螺旋模型，人们马上便可说明 DNA 是怎样既作为一个稳定的晶体分子而存在，同时又能提供足够的变异和突变的。

尽管沃森—克里克模型有不可否认的优点，但是许多科学家仍觉得这篇论文的论据不太充足。当时文献中可以引用的 X 射线数据，正如作者所承认的“不足以严格地检验我们的结构”。在随后的两篇通信中出现了更为精确的数据。一篇是威尔金斯、斯托克斯 Stokes 和威尔逊 Wilson 的，论述了可供引用的关于小牛胸腺 DNA 以及取自精子头部和 T_2 噬菌体的核蛋白制备物的 X 射线数据。第二篇由富兰克林和戈斯林 R. G. Gosling 所写，提供了当时所能获得的最好的 DNA X 射线衍射图像。进一步的研究为沃森—克里克模型提供了更多的证据。在这篇论文发表十年后，沃森、克里克和威尔金斯获得了诺贝尔医学生理学奖金。

在他们的第一篇论文中，沃森和克里克虽然只是暗示了某些可能性，但是双螺旋结构模型确实能对 DNA 如何能够不断复制同自身完全相同的复本这一点，在分子水平上作出理论上的解释。然而，斯坦特 G. Stent 却把它描述为“科学文献中最忸怩的陈述之一”。[35] 沃森和克里克表明：“不出我们所料，我们所假设的特定配对，立即使人联想到遗传物质可能有的复制机制。”克里克把这一句子称为“妥协”。虽然克里克想讨论这 -模型的遗传含意，但他的合作者却“反复感到担忧，生怕这个结构也许是错的，会由此闹出笑话”。克里克坚持要把这个联想加进去，因为如果他们不这样做，其他人也会这样做，这将意味着他们自己是“如此地缺乏洞察能力以致不能看出这一点来。[36]

给《自然》杂志发出了第一封信以后不久，沃森和克里克在第二封信中，详细阐述了他们的模型的含意。尽管 DNA 模


胸腺嘧啶
腺嘌呤
戊糖
戊糖

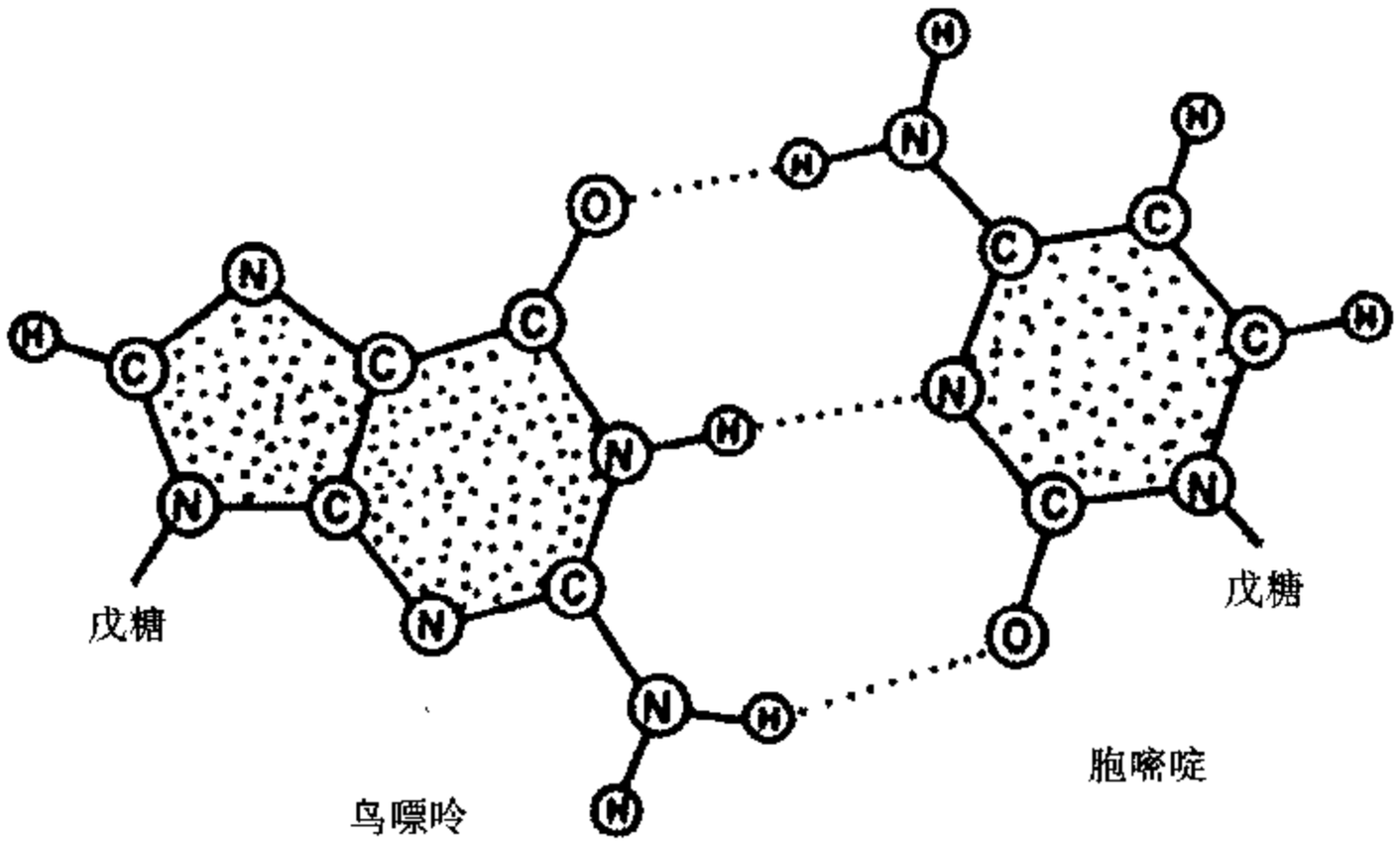


图 14－2　在 DNA 双螺旋中出现的碱基对互补图
腺嘌呤同胸腺　嘧啶配对　鸟嘌呤同胞嘧啶配对

型的磷酸—戊糖骨架是完全有规律的，而任何的碱基对顺序却都能适合这个结构。因此，“这就必然意味着在长链分子
461 中，可能存在着许多不同的置换方式”，他们写道，“并且由此还可以看出在这种结构中，碱基的精确顺序似乎是携带遗传信息的密码”。[37] 由于每一条链上的碱基顺序是同另一条链互补的，因此当两条链分开时，每一条链都可以作为建造DNA 子链的模板。

在双螺旋的竞赛刚开始时，沃森和克里克是如此地落后于他们的竞争者——伦敦皇家学院的富兰克林和威尔金斯，以及大化学家、加利福尼亚的鲍林，但沃森、克里克又为什么能如此成功呢？回顾起来很容易明白，鲍林 L. Pauling 解决这个问题的方法是错误的，而皇家学院那个小组则是由于个人性格间的不相容性而分裂了，以致不能有效地工作。沃森和克里克认识到了 DNA 的生物学意义、X 射线数据的重要性及其在建立模型上的潜力。同时他们位于一个富于活力的消息灵通的中心，这更是个巨大的优点，从这里他们能很快地获得成熟的资料，可以参照来自伦敦、甚至是来自帕萨迪纳通过鲍林竞争者们的研究进展报告。他们共同地或分别地以批判的眼光吸取同事们或者来访者例如威尔金斯和查伽夫的思想。尽管他们有着明显的优点，但是他们却仍然有两年之久徘徊在错误的道路上，探索着各种可能的，但不一定正确的 DNA 结构。最后当他们把查伽夫碱基比的数据同碱基化学的基本知识结合在一起后，就有能力在大约三个星期内建造出一个合理的“优美的”、具有生物学趣味的 DNA 模型了。

为了用实验来检验 1953 年所提出的 DNA 复制模式所必不可少的有效性，科学家们花了整整五年的时间。1958 年，鲍林的研究生梅塞尔森 M. Meselson 和德尔伯里克的助手斯塔尔 F. W. Stahl——从事比博士级工作更高深的研究的

学者，用等密度梯度离心的方法，追踪由 N^{15} 标记的 DNA 亲本链的去向。他们证明，DNA 复制是半保留式的。就是说，每一条旧链联结了一条新合成的 DNA 链。1956 年，科恩伯格 A. Kornberg 从大肠杆菌分离到了一种催化 DNA 合成的酶。1959 年，科恩伯格同他以前的导师奥科 S. Ochoa，由于在核酸生物合成上的工作而获得诺贝尔奖金。

现在沃森的《双螺旋》一书，是由参加者之一本人所写的关于这段历程的唯一资料。许多科学家由于沃森书中出现的那种科学的坦率描写而感到沮丧。当时《自然》杂志的编辑马多克斯 J. Maddox 说，那些感到受了侮辱的科学家们可以从自己赠寄圣诞节贺片的名单中除去沃森的名字，但他们更有责任再更多地做些其它工作。这些科学家没有抢在沃森前面，以致不能重写沃森的历史。但是，塞尔斯 A. Sayres 1975 试图把富兰克林 1920－1958 从沃森所描绘的完全谬误又明显苛刻的形象中解救出来。富兰克林由于癌症死于 1958 年，年仅三十八岁。她既不知道这次诺贝尔奖金将会授给发现了 DNA 双螺旋结构的人，也不知道她的数据是如何被沃森和克里克 462
所利用，沃森的那本书直到富兰克林去世后十年才出版。

四　基因的作用方式

中心法则

科学家们满足于基因的化学本质已被发现，现在已能够把“基因是什么”与“基因是如何起作用的”两个问题联系起来进行研究了。在解释贮存于 DNA 内的信息如何得以复制并传递到子分子中，以及信息如何从 DNA 转化为细胞活动等的一般规律时，沃森和克里克起了重要的作用。

甚至在得出 DNA 结构以前，沃森就为自己写下了一条

预测："DNA→RNA→蛋白质"。他确信 DNA 是 RNA 链的模板，并把 RNA 链看做"在蛋白质合成的模板中是最可能的候选者"。他这个预测中的箭头"并不意味着化学的转换，而是表示：在 DNA 分子的核苷酸顺序中的遗传信息是怎样传递到蛋白质中的氨基酸顺序上的"。虽然他知道，"一个公式并不能代替 DNA 结构"，但他还是用胶布把这条公式贴在他办公桌上方的墙壁上。[38] 信息从 DNA 传到 RNA，再传到蛋白质，这已被称为分子生物学的"中心法则"。按照这个公式，信息的流动是按一条永远不能颠倒的单向路线进行的。在获得必要的证据以前，对于在分子水平上解开遗传机理之谜来说，中心法则起了促进作用。然而，在沃森把这个公式贴在他的墙上很久以前，其他科学家们也通过研究改变了的基因产物，而模糊地感知到基因作用的方式，即变异表现为由于缺乏酶而造成的代谢紊乱。比德尔 Beadle 和塔特姆 Tatum 由于他们的工作，在关于红色面包霉中化学反应的遗传控制问题上，取得了令人满意的成果；而加罗德 A. Garrod 爵士已经通
463 过对那所有系统中最难驾驭，但也最为有趣的系统——人类——的工作，接近了他那"一个基因一个酶"的理论。

加罗德 Archibald Garrod 1857－1936 **和先天性的代谢缺损**

1902 年，加罗德关于黑尿症研究的报告可以看做为生化遗传学的开端。黑尿症患者不能完全地代谢酪氨酸，并在其尿中排出尿黑酸。这种病例很易发现，因为病人的尿在同空气接触时变黑，并在衣服或床褥织物上留下污迹。在对黑尿症患者做了检查后，加罗德认为："黑尿症不是一种疾病的表现，而似乎具有一种代谢过程发生了变更的性质，它无害于机体健康，通常是先天性的，并且是终身的。"人类其他的"化学不正常"，例如，白化病、胱氨酸尿症、戊糖尿症等，似乎都是些类似的病例。加罗德得出结论说，这种不正常的症状

是由于代谢的紊乱所造成，并称其为“先天性的代谢缺损”。并且，这些不正常症状似乎像孟德尔遗传学的隐性因子那样进行遗传。对某些家庭中这种不正常者进行调查所得的资料表明，受影响的个体大部分是堂表兄弟姐妹近亲婚配所生的孩子，在这些孩子身上，很可能出现隐性性状。因此，加罗德的工作表明了孟德尔遗传学也可适用于人类。稍后，加罗德在研究黑尿症缺陷时，追溯到了“芳香族蛋白质片断分解的倒数第二阶段”。而且，他还做出结论说，“在正常的代谢中，苯环的分解是由于一种特异酶的作用”，而在先天性黑尿症患者的体内则缺少这种酶。[39]

这个工作不但指明了孟德尔遗传学可以应用于人类，而且说明在基因和酶之间有某种关系。患有这种疾病的个体具有通过遗传而得到的两个隐性基因，这意味着他们缺少这种“酵素”来完成特异化合物的代谢。在黑尿症病例中加罗德证明了这种病人能够代谢尿黑酸的前体，但在尿黑酸这一点上代谢过程却被打断了。从而尿黑酸积累起来并由尿中排出。

自从加罗德的报告发表以后，其他许多种人类疾病也被证明是“先天性的代谢缺损”。在许多病例中，遗传的疾病明显地同酶有关，不是缺少某一种酶就是某一种酶有缺陷。加罗德的研究为“一个基因一个酶”的假设提供了早期的原始形式。比德尔和塔特姆后来承认，如果他们在开始自己的工作前就知道了加罗德的研究，那么他们的工作就不会走那么多弯路。

比德尔和塔特姆：一个基因一个酶

加罗德的工作和他的预测虽然已获得充分的支持，但是，几乎没有什么遗传学家想到应该追随这位杰出的临床医生继续进行研究。现代遗传学的研究已倾向于使用愈来愈小、愈来愈简单的生物体作为实验材料。对于有经验的遗传

学家来说，几乎不能想像人类竟会成为合适的“实验动物”。因此，非常不幸，加罗德的工作被大大地忽视了。比德尔和塔特姆试图阐明基因控制遗传的机理，因而转向了对红色面包霉一种链孢菌的研究。比德尔是个受过训练的遗传学家，他试图通过研究果蝇眼睛颜色色素的遗传控制，来分析遗传的生物化学基础。1936 年，比德尔和伊弗罗斯 B. Ephrussui 发现，把突变型“朱红”果蝇幼虫的眼睛移植到野生型幼虫的腹部后，长大的成体具有野生型眼睛的颜色。用各种突变体进行的试验证明，眼睛色素的合成受好几个基因的控制。当时人们已能鉴定在这个色素生物合成途径中的几个生物化学中间体。

比德尔和塔特姆发现，把果蝇作为研究材料，对于解开基因和基因产物关系的生物化学研究来说，是不能令人满意的。因此他们想到了是否可把通常的过程颠倒一下，用特有的化学反应来鉴定特异基因。他们决定不再以突变体作为研究的起始点，来探索它所控制的化学反应，而是从已知的化学反应开始，再回溯去寻找控制着这些反应的基因。因此，他们需要一种已弄清楚生化途径的有机体。通过 X 射线处理，他们能得到许多突变体，但必须审慎地选择影响特有的维生素合成的突变体。他们选择了红色面包霉，因为它的生活周期十分短，并且已经解决了遗传分析的技术问题。又因为野生型霉菌能生长在仅含有一种碳源、某些无机盐和生物素的简单培养基上。通过用 X 射线照射霉菌，比德尔和塔特姆获得了大量失去了合成某些有机物能力的突变体。他们的初步成果，意味着他们确实已经发现了一种可以用来了解基因是如何控制个体发育和机体功能的有价值的工具。在他们的分析中，一个显著特点是证明了突变株由于单个基因的变化就与亲本类型不同。因此，基因的作用是“指导蛋白质分子的最

后构型，从而决定其特异性”。1945 年，当比德尔阐明一个基因一个酶的假说时，人们还不知道基因的化学性质。1952 年以后，这个假说成了解释编码在 DNA 中的信息如何指导蛋白质合成的理论之一。中心法则，由沃森那神秘的公式 DNA→RNA→蛋白质而得到了重要而详尽的阐述，以后指导了这个领域的研究。

镰刀形红细胞贫血症——一种分子病

对噬菌体的研究尽管取得了卓有成效的结果，但是，导致第一个重大突破的，却是关于另一种人类疾病的分析。这就是由鲍林 L. Pauling 和英格拉姆 V. M. Ingram 所进行的关于镰刀形红细胞贫血症的研究。它证明了一个可遗传的基因突变和基因产物中分子更换的关系。

鲍林曾获得两次诺贝尔奖金一次是化学奖，另一次是和平奖)；同时，他也为生物学做出了两大贡献：第一，阐明了蛋白质的 α—螺旋结构；第二，证明了人体中的遗传疾病可以追踪到由突变基因的作用而形成的不正常蛋白质。约有百分之八的美国黑人体内有一种红细胞，这种红细胞能随相应的氧分压的变化而发生形态上的变化，形成一种被称为“镰刀形”的细胞。这种变化是可逆的。虽然这种有形成镰刀形细胞倾向的血球通常并不造成病理学症状，但约在四十人中就有一人会发生严重的慢性贫血。1949 年鲍林实验室的研究证明了“镰刀化”是由于镰刀形红细胞贫血症患者血红蛋白分子中的变化而引起的。鲍林提出镰刀形红细胞血红蛋白的物理和化学性质的改变是由于“在两个血红蛋白多肽链中，可电离基团的数量或种类发生了改变”[40] 而引起。从鲍林的研究中可以看出，镰刀形红细胞贫血症显然是一种“分子病”。这似乎体现出了病理学答案的最终水平——从希波克拉底和盖仑那个模糊的“体液”，到器官、组织、细胞、蛋白质、变更了

的氨基酸顺序，直到基因组中变更了的核苷酸组分。

鲍林的工作虽然证明了镰刀形红细胞贫血症是一种分子病，但他仍未能了解在分子内变更的精确状况。1957 年，英格拉姆发表了一篇关于正常红细胞和镰刀形红细胞血红蛋白之间化学差异的报导。英格拉姆相信，如同桑格 F. Sanger 对胰岛素所做的工作那样，他也能测定出血红蛋白的氨基酸顺序。当然，要涉及到大得多的蛋白质分子就会碰到许多困难。但是英格拉姆却有能力证明，在镰刀形红细胞中，其血红蛋白与正常类型的不同之处，仅在于血红蛋白分子的约三百个氨基酸中有一个氨基酸发生了更动：一个缬氨酸残基取代了正常的谷氨酸残基。

由于在血红蛋白分子中只发现了一个氨基酸的变化，由此英格拉姆假定：在为血红蛋白编码的基因中已发生一个相应的变化——一个真正的点突变。由于遗传学家已经证明，镰刀形红细胞贫血症以简单的孟德尔隐性遗传方式传递。因此孟德尔遗传学、突变以及基因产物中精确的变更第一次被联系了起来，并且还同一个相当重要的疾病联系了起来。显然并不是所有有意义的分子遗传学研究都是发生在噬菌体中的。

五　沃森—克里克以后的时期

DNA 双螺旋结构被发现以后，生物学的研究以空前的步伐前进。对 1953 年以来生命科学历程作一个即使是概略的描述，其中所发生的事件也将比 1953 年以前所有事件的总和多好几倍。确切地说，这些近况并不应在生物学的一般历史中叙述，因为它们充斥在今天的各门科学的教程内容之中，已充分地包含在遗传学、分子生物学和分子遗传学的教

科书中。而且，研究的新领域进展得如此之快，以致于难以估价新发现的真正价值及其相对重要性。

从“中心法则”最近历史状况中，可以理解某些足智多谋的预言和似乎具普遍性而又无确证的“规律”，如何能迅速地变成半成熟概念的过程。我们已经看到，在有任何可靠的证据来支持整个顺序以前，沃森早就画出了一个公式，指出了细胞里信息流动的方向是“DNA→RNA→蛋白质”。以后，沃森、克里克和其他学者便各显身手，探索了编码在 DNA 中的信息是如何转录到 RNA 中，最后又被翻译成蛋白质的机理。1958 年，克里克发表了一篇第一流的，具有影响的理论生物学文章《论蛋白质的合成》。[41] 克里克提到，蛋白质是完成大多数生命活动所必需的大分子。他说，蛋白质“几乎能做任何事情”。它们主要是酶，起着各种催化作用，同时又是有机体结构的组成部分。然而，最强烈地吸引着克里克的却是 DNA。作为遗传密码的是 DNA，最终负责合成蛋白质的也是 DNA，这才是最重要的。在观察 DNA 的遗传图和蛋白质的氨基酸顺序时，克里克做了 DNA 怎样指导蛋白质合成的许多预测。在这篇短文中，克里克提出了著名的“连接物假说”，讨论了核酸中碱基顺序同蛋白质中氨基酸顺序之间的线性对应逻辑，并详细阐述了“中心法则”。

按照克里克所说，中心法则表明：信息可以从核酸传递到核酸，或从核酸传递到蛋白质，但不能从蛋白质传到核酸“信息”在本书上下文中意指精确的顺序确定。当信息传入蛋白质后，就不能再一次传出。一个像克里克这样的唯物主义者竟会使用像“教义”dogma[①]这样一个充满宗教含意的术语来代表一个科学的假说，这似乎有点奇怪。在这个例子中，正如在

① “中心法则”的英文是“central dogma”，“dogma”直译即“教义”。

其它许多事例中那样，科学概念的演变是以异端邪说为开始，而以被证实是一个“教义”而告终。

反向转录酶

1975 年，诺贝尔奖金委员会竭智尽虑，终于正式确认了一个纪元的终结。中心法则不再占有原来那种杰出的、“没有错误的”地位了，至少，最早由沃森提出的形式已不再是至高无上的了。那一年的生理学医学奖授给了逖明 H. Temin、达尔贝克 R. Dulbecco 和巴尔蒂摩 D. Baltimore。他们发现了同肿瘤病毒和细胞遗传物质之间的相互作用有关的某些反
467 应。新获奖者的主要功绩，是为考察病毒和人类癌症之间可能的关系奠定了概念性基础并提供了技术。[42]

通过研究动物病毒，逖明证明了信息并不是永恒不变地只能从 DNA 流向 RNA。他发现了存在着一种“反向转录酶”，能指导 RNA 中的信息转录到 DNA 上。逖明在加州理工学院的德贝克 Dulbecco 实验室当研究生时，研究了劳斯氏肉瘤病毒 RSV。1958 年，逖明和鲁宾 Rubin 研究出了第一个可重复的瘤病毒离体测试法。在威斯康星 Wisconsin 大学 1960 年逖明继续从事 RSV 的研究。他注意到，抑制 DNA 的合成和抑制依赖于 DNA 的 RNA 的合成，都可以阻碍 RSV 的感染。这一点很令人惊奇，因为 RSV 的基因组是单股的 RNA。1964 年，逖明提出 RSV 的感染中有一个 DNA 的中间物。在 RSV 感染后，合成了一种 DNA 的原病毒，它具有 RNA 病毒基因组的全部信息。从 DNA 的原病毒，可以合成 RNA 的子代病毒。这被称为“原病毒假说”。这个假说同样也能解释 RSV 整合到寄主染色体中的现象。

逖明的假说并没有很快地被学术界所接受。使用各种抑制剂意味着可能造成人工赝象，但主要的障碍似乎是它违反了分子遗传学上的中心法则。逖明在二十世纪六十年

代继续从事他的研究，但这种研究对当时普遍流行的怀疑态度几乎不起什么作用。1970 年逖明和水谷哲 Satoshi Mizutani 做了被称为“决定性的”实验。他们证明，RSV 的病毒粒子含有一种能把单股病毒 RNA 转录到 DNA 上去的酶。巴尔蒂摩在劳舍尔氏鼠类白血病病毒和 RSV 中发现了相同的酶。应用这个新的酶人们揭示了形成 DNA 中间物的一个明显的机制。

克里克认为，反向转录酶同中心法则并没有真正的矛盾，这只不过是把信息从一种形式的核酸转录到另一种形式的核酸上去而已，而在这两类核酸中，碱基配对的过程则基本上是相同的。

RNA 瘤病毒和这种反向转录酶，目前已经成了对哺乳动物细胞进行分子生物学研究的基本工具。即使这些发现没有推翻中心法则的那些更为精心加工过的新形式，它们在暴露这个法则的非正式表达形式中的缺陷时，也将是有价值的，因为原先认为“对噬菌体是正确的对大象也一定是适用的”。目前，对于细胞的生长、分化以及在高等有机体内的调节等许多方面，人们的了解仍然很模糊，而研究这个问题的技术手段也还十分不完善。

此后，科学家们马上便期望能使用反向转录酶和放射性 468
DNA 的测定法来检查正常细胞中和恶性细胞中病毒的遗传信息。用了这些新工具，便可以制备、分离和提纯信使 RNA 的 DNA 复本。特别是最后一点，或许会导致在植物、动物和人类中进行遗传调节，从而产生使人不敢深究下去的后果。某些特定的酶的信使，可以作为在“遗传外科”中使用的 DNA 模板，这也许能治疗遗传疾病。在农业和工业上，存在着激动人心的可能性：通过工程设计，细菌可以用来生产激素、抗生素、丝等等；固氮基因也许能加到某种粮食作物上，于是就可

以不必再施加氮肥了。[①]但是，另一方面，这种技术也能用来把毒素基因加到普通的细菌上去，用作细菌战争的武器。即使主观上并没有什么罪恶的动机，但这种技术可能引起许多问题。如果能产生大量的丝或胰岛素的细菌从实验室逃脱出来，进到人体的内脏并定居下来，你能想像这会造成什么样的后果吗？

人工基因合成

试图预言生命科学的未来进程，那未免过于轻率。但在事实上，这个领域中涌现出来的新发现，其速度远非人们所能预料。在这个极其短暂的时间内，生物学已经获得了巨大的成功，并进入到可能会如此令人敬畏的行列。生物学家则面临着一种精神上的考验，他们或将会失去清白和理智，还可能会受到当原子弹扔在广岛和长崎时，物理学家们曾经感受过的那种茫然不知所措和有点危险心理的感情折磨。但是，在生物学上，更重要的还是成功的记录，而不是那些老生常谈的，想叫人猛省的警告。在二十世纪的短短几十年中，生物学已从刚能理解孟德尔遗传“因子”意义的曙光发展到了能合成离体功能基因的地步。对于这样一门科学来说，其成就当然有许多值得赞美的地方。在诺贝尔奖金获得者柯拉纳 H. G. Khorana 的指导下，由二十四位获得博士学位的成员进行了九年的工作，合成了具有生物学活性的酪氨酸转移 RNA 的基因含有 86 个核苷酸。继柯拉纳成功后不久，另一个研究小组宣告合成了一个哺乳动物的基因——兔血红蛋白质基因，约含有 650 个核苷酸单位。[43]

展望未来，生物学家们既看到了人类幸福的前景，又看

① 这些 1978 年时的生物科学的“设想”，目前已有部分实现或正在变成现实。

到了破坏性的巨大可能性。在这里，让我们回想一下巴斯德有关下列两条规律之间斗争的警句——“流血与死亡的规律，总是在设想着破坏性的新手段”；而“和平、工作和健康的规律，则总在发展着把人类从围困着她的灾难中解救出来的新方法。”像巴斯德那样，我们也应该把我们的科学放在第二条规律上，从而来加强他那战无不胜的信念——“科学与和平将战胜愚昧与战争”。[44]

注释：

1. B. H. Willier and J. M. Oppenheimer(1974). *Foundations of Experimental Embryology*. New York: Hafner, pp. 74 – 97.
2. W. S. Sutton(1903). The Chromosomes in heredity. *Biological Bulletin 4*: 231 – 251.
3. Sutton, p. 240.
4. T. H. Morgan(1928). *The Theory of the Gene*. New Haven: Yale University Press, p. 25.
5. H. J. Muller(1923). Mutation. *Eugenics, Genetics and the Family 1*: 106 – 112.
6. H. J. Muller(1927). Artificial transmutation of the gene. *Science 66*: 84 – 87.
7. E. Schrödinger(1944). *What is Life?* Cambridge: Cambridge University Press, p. 68.
8. W. Bateson(1916). Review of *The Mechanism of Mendelian Heredity*(by T. H. Morgan et al.). *Science 44*: 536 – 543.
9. H. De Vries(1910). *Intracellular Pangenesis*. Translated by C. S. Gager. Chicago: Open Court, p. 13.
10. J. S. Fruton(1972). *Molecules and* Life. New York: Wiley – Interscience, especially, "The Chemical Nature of the Gene," pp. 225 – 261.
11. F. H. Portugal and J. S. Cohen(1977). *A Century of DNA*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
12. Fruton, "Nuclein and Chromatin," pp. 183 – 193; "Nuclein and Heredity," pp. 193 – 204.
13. E. B. Wilson(1895). *The Cell in Development and Inheritance*. New York: MacMillan, p. 4.

14. E. Chargaff(1975). A Fever of Reason, the Early Way. *Annual Review of Biochemistry 44*: 1 – 18. [Chargaff has also written an autobiography: E. Chargaff (1978). *Heraclitean Fire*. New York: Rockefeller University Press.]

15. W. M. Stanley(1935). Isolation of a Crystalline Protein Possessing the Properties of Tobacco – Mosaic Virus. *Science 81*: 644 – 645.

16. P. Medawar(1973) *The Hope of Progress*. New York: Anchor, pp. 98 – 100.

17. O. T. Avery, C. M. MacLeod, M. McCarty(1944). Studies on the Chemical Nature of the Substance Inducing Transformation of Pneumococcal Types. *J. Exper. Med. 79*: 137 – 158.

18. J. Cairns, G. S. Stent. and J. D. Watson(1966). *Phage and the Origins of Molecular Biology*. New York: Cold Springs Harbor Laboratory of Quantitative Biology, p. 76.

19. A. D. Hershey and M. Chase(1952). Independent Functions of Viral Protein and Nucleic Acid in Growth of Bacteriophage. *J. Gen. Physiol. 36*: 39 – 56, p. 54.

20. Medawar, p. 99.

21. J. D. Watson(1968). *The Double Helix*. New York: Atheneum, p. 119.

22. Cairns et al., p. 100.

23. C. W. Beadle(1969). "Genes, chemistry, and the nature of man," pp. 1 – 13, in *Biology and the Physical Sciences*. Edited by S. Devons. New York: Columbia University Press, p. 2.

24. Fruton, p. 220.

25. R. Olby(1974). *The Path to the Double Helix*. Seattle: University of Washington Press, p. 297.

26. Cairns et al., p. 239.

27. Cairns et al ., p. 240.

28. Medawar, p. 103.

29. Olby, p. 310.

30. R. Olby(1970). Francis Crick, DNA, and the Central Dogma. *Daedalus 99*: 938 – 987, p. 943.

31. Olby(1970 and 1974).

32. Olby(1974), p. vi.

33. A. Sayres(1975). *Rosalind Franklin and DNA*. New York: Norton.

34. J. D. Watson and F. H. C. Crick(1953). A Structure for Deoxyribose Nucleic

Acid. *Nature 171*: 737 – 738.

35 . G. S. Stent(1970). DNA. *Daedalus 99*: 909 – 937, p. 920.

36 . F. H. C. Crick(1974). *Nature: 248*, p. 765.

37 . J. D. Watson and F. H. C. Crick(1953) . Genetical Implications for the Structure of Deoxyribonucleic Acid. *Nature 171*: 964 – 967.

38 . Watson, 1968, p. 153.

39 . A. E. Garrod(1909) . *Inborn Errors of Metabolism*. Reprinted 1963. London: Oxford University Press, p. 80

40 . L. Pauling, H. A. Itano, S. J. Singer, and I. C. Wells(1949). Sickle Cell Anemia, a Molecular Disease. *Science 110*: 543 – 548.

41 . F. H. C. Crick(1958). On Protein Synthesis. *Symp. Soc. Exp. Biol. 12*: 138 – 163.

42 . W. Eckhart(1975) . The Nobel Prize for Physiology or Medicine. *Science 190*: 650

43 . T. H. Maugh(1976). The Artificial Gene: It's Synthesized and It Works in Cells. *Science 194*: 44.

44 . R. Dubos(1960) . *Pasteur and Modern Science*. New York: Doubleday Anchor, pp. 147 – 148.

参考文献:

Astbury, W. T. (1947) . X – Ray Studies of Nucleic Acids. *Symp. Soc. Exp. Biol. 1*: 66 – 76.

Avery, O. T., MacLeod. C. M., and Mc Carty, M. (1944). Studies on the Chemical Nature of the Substance Inducing Transformation of Pneumococcal Types. *J. Exper. Med. 79*: 137 – 158.

Bateson, W. (1922). Evolutionary Faith and Modern Doubts. *Science 55*: 55 – 61.

Bateson, W. (1916) . Review of *The Mechanism of Mendelian Heredity*(by T. H. Morgan et al.). *Science 44*: 536 – 543.

Bateson, W. (1909). *Mendel's Principles of Heredity*. Cambridge: University Press.

Bateson, W. (1913). *Problems of Genetics*. New Haven: Yale University Press.

Bateson, W., and Saunders, E. R. (1902) . The Facts of Heredity in the Light of Mendel's Discovery. *Reports to the Evolution Committee of the Royal Society of London 1*: 125 – 160.

Beadle, G. W. (1945). Biochemical Genetics. *Chem. Revs. 37*: 15 – 96.

Beadle, G. W. (1945). The Genetic Control of Biochemical Reactions. *Harvey Lectures 40*: 179 – 194.

Beadle, G. W. (1963). *Genetics and Modern Biology*. Philadelphia: American Philosophical Society.

Beadle, G. W. (1969). "Genes, Chemistry, and the Nature of Man," in *Biology and the Physical Sciences*. Edited by S. Devons. New York: Columbia University Press, pp. 1 – 13.

Beadle, G. W., and Ephrussi, B. (1936). The Differentiation of Eye Pigments in Drosophila as Studied by Transplantation. *Genetics 21*: 225 – 247.

Bealde, G. W., and Tatum, E. L. (1941). Genetic Control of Biochemical Reactions in Neurospora, *Proc. Natl. Acad. Sci. 27*: 499 – 506.

Bohr, N. (1933). On Light and Life. *Nature 131*: 421 – 423, 457 – 459.

Benzer, S. (1955). Genetic Fine Structure and Its Relation to the DNA Molecule. *Brookhaven Symposia in Biology 8*: 3 – 5.

Cairns, J., Stent, G. S., and Watson, J. D. (1966). *Phage and the Origins of Molecular Biology*. New York: Cold Spring Harbor Laboratory of Quantitative Biology.

Chargaff, E. (1950). Chemical Specificity of Nucleic Acids and Mechanism of their Enzymatic Degradation. *Experientia 6*: 201 – 209.

Chargaff, E. (1968). What Really is DNA? Remarks on the Changing Aspects of a Scientific Concept. *Progress in Nucleic Acid Research and Molecular Biology 8*: 297 – 333.

Chargaff, E. (1975). A Fever of Reason, the Early Way. *Annual Review of Biochemistry 44*: 1 – 18.

Chargaff, E. (1978). *Heraclitean Fire*. An Autobiography. New York: Rockefeller University Press.

Crick, F. H. C. (1958). On Protein Synthesis. *Symp. Soc. Exp. Biol. 12*: 138 – 163.

Crick, F. H. C., and Watson, J. D. (1954). The Complementary Structure of Deoxyribonucleic Acid. *Proc. Roy. Soc. A 223*: 80 – 96.

Crick, F. H. C. (1967). *Of Molecules and Men*. Seattle and London: University of Washington Press.

Demerec, M. (1935). Role of Genes in Evolution. *Am. Nat. 69*: 125 – 138.

Dobzhansky, T. (1970). *Genetics of the Evolutionary Process*. New York: Columbia U-

niversity Press.

Dubos, R. J. (1976). *The Professor, The Institute, and DNA.* A biography of Oswald T. Avery. New York: The Rockefeller University Press.

Eckhart, W. (1975). The 1975 Nobel Prize for Physiology or Medicine. *Science 190:* 650.

Florkin, M. (1972). *A History of Biochemistry.* Volume *30* of *Comprehensive Biochemistry.* New York: Elsevier.

Freundlich, M. M. (1963). Origins of the Electron Microscope. *Science 142:* 185 – 188.

Fruton, J. S. (1951). The place of Biochemistry in the University. *Yale J. Biol. and Med. 23*: 305 – 310.

Fruton, J. S. (1972). *Molecules and Life: Historical Essays on the Interplay of Chemistry and Biology.* New York: Wiley – Interscience.

Garrod, A. E. (1902). The Incidence of Alkaptonuria: A Study in Chemical Individuality. *Lancet* 2: 1616 – 1620.

Garrod, A. E. (1909). *Inborn Errors of Metabolism.* Reprinted 1963. London: Oxford University Press.

Goldschmidt, R. (1916). Genetic factors and enzyme reaction. *Science 43*: 98 – 100.

Goldschmidt, R. (1938). The Theory of the Gene. *Scientific Monthly 46*: 268 – 273.

Griffith, F. (1928). The Significance of Pneumonococcal Types. *J. Hygiene 27*: 113 – 159.

Haldane, J. B. S. (1942). *New Paths in Genetics.* New York: Harper.

Haldane, J. B. S. (1945). A Physicist Looks at Genetics *Nature 155*: 375 – 376.

Hershey, A. D., and Chase, M. (1952). Independent Functions of Viral Protein and Nucleic Acid in Growth of Bacteriophage. *J. Gen. Physiol. 36*: 39 – 56.

Hess, E. L. (1970). Origins of Molecular Biology. *Science 168*: 644 – 669.

Hotchkiss, R. D. (1970). Review of *The Coming of the Golden Age* (by G. S. Stent). *Science169*: 664 – 666.

Hotchkiss, R. D. (1965). Oswald T. Avery 1877 – 1955. *Genetics 51*: 1 – 10.

Ingram, V. M. (1957). Gene mutations in Human Haemoglobin: The Chemical Difference Between Normal and Sickle Cell Haemoglobin. *Nature 180*: 326 – 328.

Hollaender, A. (1961). Review of Studies on Quantitative Radiation Biology (by K. G. Zimmer). *Science 134*: 1233.

Kendrew, J. C. (1967). Review of *Phage and the Origins of Molecular Biology. Sci. Amer. 216*: 141 – 144.

Kendrew, J. S. (1968) . *The Thread of Life: An Introduction to Molecular Biology*. Cambridge, Mass. : Harvard University Press.

Klug, A. (1968). Rosalind Franklin and the Discovery of the Structure of DNA. *Nature 219*: 808 – 810, 843 – 844.

Kornberg, A. (1960) . Biological Synthesis of Deoxyribonucleic Acid. *Science 131*: 1503 – 1508.

Leicester, H. M. (1974) *Development of Biochemical Concepts from Ancient to Modern Times*. Cambridge, Mass. : Harvard University Press.

Levene, P. A., and Bass, L. W. (1931). *Nucleic Acids*. New York: Chemical Catalogue.

Levene, P. A. (1957). *Advances in Carbohydrate Chemistry 12*: 1.

Liebig, J. (1847). *Researches on the Chemistry of Food*. Translated by W. Gregory. London: Taylor and Walton.

McClung, C. E. (1902). The Accessory Chromosome – Sex Determinant? *Biol. Bull. 3*: 43 – 84.

McKusick, V. A (1960). Walter S. Sutton and the Physical Basis of Mendelism. *Bull. Hist. Med. 32*: 487 – 497.

Medawar, P. (1973). *The Hope of Progress*. New York: Anchor.

Morgan, T. H. (1910). Chromosomes and Heredity. *Amer. Nat. 44*: 449.

Morgan, T. H. (1910). Sex – linked Inheritance in Drosophila. *Science 32*: 120 – 122.

Morgan, T. H. (1912). An Attempt to Analyze the Constitution of the Chromosomes on the Basis of Sex – linked Inheritance in Drosophila. *J. Exper. Zool. 11*: 365 – 412.

Morgan, T. H. (1912). The Explanation of a New Sex Ratio in Drosophila. *Science 36*: 718 – 719.

Morgan, T. H. (1928) . *The Theory of the Gene*. 2nd Ed. New Haven: Yale University Press.

Morgan, T. H., Sturtevant, A. H., Muller, H. J., and Bridges, C. B. (1915). *The Mechanism of Mendelian Heredity*.

Reprinted with a new introduction by Garland E. Allen: (1972) . New York Johnson Reprint.

Muller, H. J. (1922) . Variation Due to Change in the Individual Gene. *Am. Nat. 56*: 32 – 50.

Muller, H. J. (1923). Mutation. *Eugenics, Genetics and the Family I*: 106 – 112.

Muller, H. J. (1927). Artificial Transmutation of the Gene. *Science 66*: 84 – 87.

Needham, J., ed. (1970) . *The Chemistry of Life. Cambridge*: Cambridge University Press.

Olby, R. (1974) . *The Path to the Double Helix*. Seattle: University of Washington Press.

Olby, R. (1970) . Francis Crick, DNA, and the Central Dogma. *Daedalus 99*: 938 – 987.

Pauling, L., Itano, H. A., Singer, S. J., and Wells, I. C. (1949) . Sickle Cell Anemia, a Molecular Disease. *Science 110*: 543 – 548.

Rhoades, M. M. (1954) . Chromosomes, Mutations, and Cytoplasm in Maize. *Science 120*: 115 – 120.

Rolleston, H. D. (1936) . *The Endocrine Organs in Health and Disease, with an Historical Review*. London: Oxford University Press.

Sayres, A. (1975). *Rosalind Franklin and DNA*. New York: Norton.

Schroedinger, E. (1944). *What is Life?* Cambridge: Cambridge University Press.

Stent, G. S. (1968) . That Was the Molecular Biology that Was. *Science 160*: 390 – 395.

Stent, G. S. (1970). DNA. *Daedalus 99*: 909 – 937.

Sturtevant, A. H. (1959) . Thomas Hunt Morgan, 1866 – 1945. *Biograph. Memoirs Natl. Acad. Sci. 33*: 283 – 325.

Sturtevant A. H. (1913) . The Linear Arrangement of Six Sex – linked Factors in Drosophila as Shown by their Mode of Association. *J. Exper. Zool. 14*: 43 – 59.

Sutton, W. S. (1902) . On the Morphology of the Chromosome Group in *Brachystola magna*. *Biol. Bull. 4*: 24 – 39.

Van Slyke, D. D., and Jacobs, W. A. (1944). Phoebus Aaron Theodor Levene. *Biog. Mem. Natl. Acad. Sci. 23*: 75 – 126.

Vries, Hugo de (1910) . *Intracellular Pangenesis*. Translated by C. S. Gager. Chicago: Open Court.

Watson, J. D., and Crick, F. H. C. (1953) . A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid *Nature 171*: 737 – 738.

Watson, J. D., and Crick, F. H. C. (1953) . Genetical Implications for the Structure of Deoxyribonucleic Acid. *Nature 171*: 964 – 967.

Weaver, W. (1970). Molecular Biology: Origin of the term. *Science 170*: 581 – 582.

Wilson, E. B. (1925) . *The Cell in Development and Heredity*. 3rd Ed. New York: MacMillan.

Wilson, E. B. (1923). The Physical Basis of Life. *Science 57*: 277 – 286.

Wyatt, H. V. (1972). When Does Information Become Knowledge? *Nature 235*: 86 – 89.

内容索引[①](汉英对照)

一画		
α—螺旋	Alpha helix	464
二画		
DNA 复制	Replication of DNA	461
X—射线	X – rays	447 443 457 464
X—射线结晶学	X – ray crystallography	456 458 459 461
人文主义者	Humanists	91 – 92 98
人类遗传学	Human genetics	442 462 – 463 464 – 465
三画		
小循环(参见肺循环)	Minor circulation/Lesser circulation(see also Pulmonary circulation)	
"小球"学说	Globulist theories	217
大分子	Macromolecules	205
大学	Universities	137 138 139
大学的发展	~, growth of	76 – 80
大学文科(中世纪的)	Liberalarts, of medieval university	78
个体发生	Ontogeny	205
马尔比基和毛细血管	Malpighi and capillaries	161 – 163
马尔比基和生物发生	Malpighi and generation	187 – 188
四画		
文艺复兴	Renaissance	138

① 所注页码是指英文版原书页码,排在书页的外侧。

文艺复兴时期的艺术家	~, artists	94 – 96
文艺复兴时期的科学	~, science in	92 – 112
文明(古代的)	Civilizations, ancient	3
中世纪	Middle Ages	73 – 84 91 92 138
中世纪的学术领域	~, scholarship during	74 – 76
中世纪的技术变化	~, technological changes	73 – 74
中国	China	3
中心法则	Central dogma	462 464 466 467
太阴社	Lunar society	366
不连续变异	Discontinuous variation	418 421 425 426 439 441
互助和进化	Mutual aid and evolution	394
水成论者	Neptunists	374
火药	Gunpowder	84 92 – 93
火成论者	Volcanists	374
双螺旋结构	Double helix (see also DNA)	459 460 461 465
《双螺旋》	*Double helix, The*	461
分子生物学	Molecular biology	210 437 466 467
分子遗传学	Molecular genetics	466
分类学(分类)	Taxonomy	342 – 354 384 413
亚里士多德的分类学	~, Aristotle's	32 – 34
柏拉图的分类学	~, Plato's	30
反转录酶	Reverse transcriptase	466 – 468
无融合生殖	Apomixes	415
毛细管和血液循环	Capillaries and circulation of the blood	160 161 162 – 163
巴拉赛尔苏斯医学理论	Medical theories of Paracelsus	110 – 112
心脏	Heart	12 121 122 298
笛卡尔的心脏观	~, Descartes' views on	293 – 294
天花	Smallpox	280

牛痘苗(疫苗　菌苗)	Vaccines	257 259 – 261 261 – 262
气体	Gases	308 310 316
六〇六(洒尔佛散)	Salvarsan	278
化石	Fossils	14 95 300 347 355 360 369 370 372 374 375 382 388
化学(参见炼金术)	Chemistry(see also Alchemy)	82 – 83 106 289 312 313 314 323
化学治疗	Chemotherapy	278 279 280
化学进化	Chemical evolution	253
化学革命	Chemical revolution	302 320 323

五画

古兰经	Koran	80 81
古生物学	Paleontology	369
印度	India	3
印刷术	Printing	84 92 – 94
奴隶制	Slavery	49 56
占星术(星占学)	Astrology	5 57 65 70 75 110 111 112 118 142
母亲的感情	Maternal impression	408
加拉帕戈斯群岛	Galapagos Islands	380 382
《生命是什么?》	*What is Life?*	444 456 458
生命力(生机　活力)	Vital force	290 326 327 329
生源说	Biogenesis	237 392
生物学	Biology	1
生物学定义	~, definition	1
拉马克的生物学定义	~, Lamarck's definition	341
生物学的起源	~, origins	1 2
生态学	Ecology	71
生理学	Physiology	104 110 143 146 220

实验生理学		223 232 288 – 333
盖伦的生理学	~, experimental	327
哈维的生理学	-, Galen	66 – 70
生存斗争	~, Harvey	127
生物化学	Struggle for existence	384
	Biochemistry	133 205 227 332 444 445 449 463 464
生命的原理	Entelechy	208
生物发生律	Biogenetic law	204 – 205
"生物的链条"	"Chain of being"	343
(参见"自然的等级")	(see also "scale of nature")	
生物统计学家	*Biometricians*	429
归纳法	Inductive method	140
电子显微镜	Electron microscope	174 – 176 283
四种元素	Four Elements	
四种元素的理论	~, theory of	11 14 18
德奥弗拉斯特《论火》中对四种元素的论述	~, Theophrastus On *Fire*	37
四种体液	Four Humors	27 51 52 69
四核苷酸假设	Tetranucleotide hypothesis	448 – 449 456
半保留复制	Semiconservative replication	461
发生(遗传)	Generation	167
亚里士多德的发生理论	~, Aristotle's theory of	34 – 35
恩培多克勒的发生理论	~, Empedocles' theory of	20
"发生"的原初定义	~, original definition	179
发育(鲁的定义)	Development, Roux's definition	206
发育机制	*Developmental mechanics*	206
发育与分化	Development and differentiation	179
发明(科学仪器的)	Inventions, scientific instruments	138 145

发酵作用	Fermentation	223 227 232 237 238 239 241－242 243 246 247 254 255 308 311 325 329
代谢失常	Metabolic disorders	462－463 464－465
代谢现象	Metabolic phenomena	227
白喉(症)	Diptheria	275－276 281
目的论	Teleology	59 65 70 182 391
德奥弗拉斯特和目的论	～, Theophrastus and	36

六画

吕克昂学院	Lyceum	35 38 39 47 48
亚里士多德的吕克昂学院	～, Aristotle's	31
达尔文主义	Darwinism	390
达尔文的遗传观	C. Darwin views on genetics	409－410
伦敦皇家学会	Royal Society of London	144 145－147 148 149 150 159 163 169 170 300
亚历山大(埃及港口)	Alexandria	47－55
亚历山大图书馆	Alexandrian library	48 49 54
亚历山大博物馆	Alexandrian museum	35 47－49 54
亚历山大时期科学的衰落	Alexandrian science, decline of	54－55
亚细胞结构	Subcellular structures	210
亚里士多德论生物发生	Aristotle on generation	181－182 183 184 185
地质学	Geology	373 374－377 381
地球年龄	Age of the earth	360 361 367 370

		374 375 385
创造物的阶梯（或生物的链条）	Ladder of Creation (or Chain of Being)	33
列文虎克和毛细血管	Leeuwenhoek and capillaries	160 – 161
列文虎克和精子的发现	Leeuwenhoek and discovery of sperm	161
农业的起源	Agriculture, origins	3 – 4
自然史	Natural history	341 390
《自然史》（普林尼的）	*Natural History*, Pliny's	58 59 60
自然发生	Spontaneous generation	144 168 179 186 188 194 223 231 232 237 238 239 242 243 – 253 256 364 372 408
亚里士多德的自然发生理论	~, Aristotle's theory	34
自然选择	Natural selection	381 382 383 – 386 387 409 426 429
“自然的等级”（阶梯）（参见“生物的链条”）	“Scale of nature” (see also “Chain of being”)	347 365 366
自然哲学	Natural philosophy	
源自希腊的自然哲学	~, Greek origins	8
自然神学	Natural theology	346 – 348 353 375 391 409
自然的魔法	Natural magic	110
自然发生论	Heterogenesis	246 248 249
宇宙灵气（元气）	Pneuma	58 116
盖伦论宇宙灵气	~, Galen on	68
埃拉西斯特拉塔论宇宙灵气	~, Erasistrastus on	53
《动物学》又译《生物规律学》	*Zoonomia*	363 378

动物化学	Animal chemistry	324 - 326
动物灵气	Animal spirits	292 294 295
有机化学	Organic chemistry	324 - 326
有丝分裂	Mitosis	233 432 437
决定论	Determinism	329
优生学	Eugenics	394 429 442 443
血压	Blood pressure	316
血液(参见心脏、循环)	Blood(see also Heart, Circulation)	18
血液循环	~, circulation of	126 - 131 289
血液循环(图解)	~, circulation of (diagram)	131
血液的概念	~, ideas about	116 - 117
恩培多克勒的血液运动理论	~, Empedocles' theory of movement	18
埃拉西斯特拉塔的血液理论	~, theories of Erasistratus	52 - 53
血液循环(参见血液心脏)	Circulation of the blood (see also Blood, Heart)	115 - 131
中国古代血液循环概念	~, Ancient Chinese concept of	130
塞扎尔比诺和血液循环	~, Cesalpino and	122
哈维和血液循环	~, Harvey and	125 - 131
血红素	Hemoglobin	458 464 465
血清学	Serology	277
传染(传染病　传染病毒)	Contagion	253 - 255
产褥热	Puerperal fever	261
成胞原浆	Cytoblastema	222 223 226 227
再生	Regeneration	179
杂种	Hybrids	406 407 409 411
交换	Crossing over	440
交感活动	Sympathy	216
交叉型假设	Chiasmatype hypothesis	440
纤毛虫	Infusorians	364

纤毛虫纲	Infusoria	194 196 237 238 244 255
肌肉动作	Muscle action	289 297 - 299 301 - 302
同分异构现象	Isomerism	323
光合作用	Photosynthesis	315
异粉性	Xenia	423
机械论	Mechanism	290 314 326 329
机械论哲学	Mechanistic philosophy	143 206 208
机械论哲学和生物发生	- and generation	181 186 197 200
机械论生理学	Mechanistic physiology	127 132 289 290 291 - 296
色差(显微镜)	Chromatic aberration, microscopes and	170 - 171
字母(表)	Alphabet	5

七画

辛曼托研究院	Academi del cimento	144 162
学院运动(参见科学社团)	Academy movement(see also Scientific societies)	138 - 151
苏格拉底以前的时代	Pre - Socratics	138 141
希腊时代的奴隶制	Slavery in Greek era	40 - 41
希波克拉底论生物发生	Hippocrates on genertion	180 - 181, 183
阿拉伯人	Arabs	74 75 76
阿拉伯科学	Arab science	80 - 84
社会生物学	Sociobiology	394
社会达尔文主义	Social Darwinism	393 - 395
泛生论	Pangenesis	357 395 408 409 - 410 419 421
卵(哺乳类的)	Ovum, mammalian	201 - 203
卵源论者	Ovists	356
卵源论者的预成论	Ovist performation	189 190 - 196
均变说	Uniformitarianism	374 376 - 377

灾变说	Catastrophism	375
灵魂(或灵气)	Soul(or spirit)	16 290 297 305 315
柏拉图的灵魂理论	~, Plato's theory of	29 – 30
斯多葛派的灵魂观	~, Stoic view of	58
灵气(精气)	Spirits(see also Pneuma and Soul)	70 105 116 120 122 124 126 127 301
(参见宇宙灵气和灵魂)		
动物灵气	~, animal(see also animal Spirits)	
盖仑论灵气	~, Galen on	66 – 69
埃拉西斯特拉塔论灵气	~, Erasistratus on	53 – 54
应激性	Irritability	216 299 – 300 304 367
体质(体细胞)	Somatoplasm	431
体内平衡	Homeostasis	332 – 333
体液理论	Humoral theory	273
体液病理学	Humoral pathology	215 465
抗体	Antibodies	273 279
抗毒素	Antitoxins	273 275 276 277
连锁	Linkage	418 438 439 440 444
连续变异	Continuous variations	421 425 426 427 439
医学	Medicine	
亚历山大时期的医学	~, Alexandrian	52
阿拉伯医学	~, Arab	83
希腊医学	~, Greek	27 – 28
医学和宗教	~ and religion	72
罗马医学	~, Roman	56 61 – 70
医学化学论者	Iatrochemists	289 308 – 312 315
医学机械论者	Iatromechanists	289 312

免疫学	Immunology	259 272 277 – 278 279
免疫学与遗传学	~ and genetics	452 – 453
鸡瘟疫苗	Chicken cholera	257 259
吞噬作用(噬菌作用)	Phagocytosis	273
狂犬病	Rabies	261 – 262 280
间歇灭菌法	Tyndallization	251
尿素的合成	Urea Synthesis	324
沃森—克里克模型	Watson – Crick model	453 460
进化	Evolution	2 12 205 206 214 237 409 410 427 437 439 442 443
生物进化	~, biological	2
化学进化	~, chemical	253
文化或人类进化	~, cultural or human	2
恩培多克勒的进化理论	~, Empedocles' theory	18 19 – 20

八画

波士顿哲学协会	Boston philosophical Society	150
法兰西科学院	French Academy of Science	144 145 147 – 149
法布里修斯和生物发生	Fabricius and generation	183 – 184 185 194
林西研究院	Academy dei Lincei	144
英国皇家学会	Royal Society	130
罗马时代	Roman period	55 – 73
罗马时代的医学	Roman medicine	56 61 – 70
肺循环	Pulmonary circulation	
哥伦布和肺循环	~, Collumbus and	120 – 122
哈维和肺循环	~, Harvey and	128
阿尔—纳菲和肺循环	~, Ibn an – Nafis and	76 130
塞尔维特和肺循环	~, Servetus and	118 – 120
宗教和科学	Religion and Science	70 72 – 73 97 115 118 – 120 166 296

297 300 - 302 306
309 342 361 353
354 375 406 412
中世纪的宗教和科学 ~, Middle Ages 74 76
毕达哥拉斯论宗教与科学 ~, Pythagoras 16
宗教(参见迷信) Religion(see also superstit.on) 137 145
罗马的宗教 ~, Roman 56 57
经院主义 Scholasticism 79 91 141
细胞(胡克) Cells, Robert Hook and 164
细胞学 Cytology 437 444
细胞核 Cytob last 222
细胞核 Nucleus 205 217 222 225
228 229 232 234
421 432 438 446
447
细胞学说 Cell theory 180 199 201 205
214 - 234 372
细菌学方法 Bacteriology methods 269 - 270
细胞病理学 Cellular pathology 229 - 232
细胞学与遗传学 Cytology and genetics 430 - 432
组织学 Histology 220 221 223 276
组织者 Organizer 209
组织学说 Tissue theory 215 - 216
组织学染色 Histological stains 278
实验科学 Experimental science 110
实验方法 Experimental method
恩培多克勒和实验方法的起源 ~, Empedocles and origin of 21
斯特拉图和实验方法 ~, Strato and 37 - 39
孟德尔学派 Mendelians 427
孟德尔定律 Mendel's laws 417 437 441
孟德尔遗传学 Mendelian genetics 410

非孟德尔式遗传	"Non – mendelian" inheritance	426
果蝇	Drosophila/Fruit fly	439 – 441 442 443 444 457 463 – 464
转录	Transcription	466 467
转化因子(传递的要素)	Transforming prineiple	451 452 453 – 454 455
孤雌生殖(单性生殖)	Parthenogenesis	189 192 196 408 415
物质不灭	Conservation of matter	326
《物种起源》	*Origin of Species*	341 346 363 367 378 386 392
物种概念	Species concept	325 347 359 370
性选择	Sexual selection	386 – 387 409
性状分离	Segregation	421 422 437 438
孟德尔式的性状分离	~, Mendelian	417
性染色体	Sex chromosomes	438
性格(形成)学	Ethology	388
受精作用	Fertilization	194 – 195 196 447
变异(连续的)	Variations, continuous	421 425 426 427
变异(不连续的)	Variations, discontinuous	421 425 426
变异(参见遗传学和进化论)	Variation(see also Genetics and Evolution)	409 425 430 437 439
松果腺	Pineal gland	295
孢子	Spores	251
肿瘤病毒	Tumor viruses	466 – 467
青霉素	Penicillin	279 – 280
呼吸	Respiration	302 314 315 316 322
恩培多克勒的呼吸理论	~, Empedocles' theory of	20 – 21
空气槽	Pneumatic trough	316
空气化学	Pneumatic chemistry	315 – 320
鱼精蛋白	Protamine	446

苯胺染料	Aniline dyes	233 264 278 – 279
学园(柏拉图的)	Academy, Plato's	29 31 35 71 81
学院运动(参见科学社团)	Academy movement(see also scientific societies)	138 – 151

九画

美索不达米亚	Mesopotamia	4 – 5
美国哲学协会	American philosophical Society	150
美国国家科学基金会	National Science Foundation	151
美国国家科学院	National Academy of Sciences	150
美国艺术和科学研究院	American Academy of Arts and Sciences	150
美国卫生研究所	National Institutes of Health	151
科学(罗马衰落时的)	Science, decline of Roman	60 70 – 73
科学(源于希腊的)	Science, Greek origins	8
科学方法	Scientific method	95 116 127
亚里士多德和科学方法	~, Aristotle and	35
培根和科学方法	~, Bacon and	140
科学仪器(科学工具)	Scientific instruments	138 155
科学社团(美国的)	Scientific societies, American	149 – 151
科赫准则	Koch's postulates	256 271
适应(达尔文主义的)	Fitness, Darwinian	384
活力论	Vitalism	290 309 314 323 326 329 330
胚泡	Germinal vesicle	218
胚芽	Gemmules	410
胚芽【泛(生)因子】	Pangenes	408 421
胚胎学	Embryology	123 179 203 – 205 217 226
实验胚胎学	~, experimental	206 – 210
古代胚胎学	~, in antiquity	180 – 182
胚层理论	Germ layer theory	203 205

胚胎期教养	Prenatal culture	408
胎盘(胎座)	Placenta	183
种牛痘(接种)	Vaccination	280
种系进化(系统发育)	Phylogeny	205
种质的连续性	Germplasm, continuity of	428 – 429 430 – 432
哈维和生物发生	Harvey and generation	180 181 184 – 186 187 188 194 195 202 203
哈姆和精子的发现	Ham and discovery of sperm	161
前病毒假设	Provirus hypothesis	467
染色质	Chromatin	233 432 445 447 – 448
染色体	Chromosomes	205 232 233 418 431 437 438 440 444 448 449 467
染色体图	Chromosome map	440 – 441
染色体环	Chromosome rings	444
染色体重组	Chromosomal rearrangements	422
染色体理论	Chromosome theory(see also	441
(参见基因　基因理论)	Gene, theo ries of)	
重组	Recombination	417 421 437 439 442 454
突变	Mutation	356 359 439 441 462 464 465
药理学(药物学)	Pharmacology	278 279
阿拉伯的药物学	~, Arab	83
巴拉赛尔苏斯的药物学	~, Paracelsus	110 – 112
毒理学(毒物学)	Toxicology	278
结核病	Tuberculosis	270 – 272
结核菌素	Tuberculin	272
结构化学	Stereochemistry	240 – 241 242

炭疽病	Anthrax	257 – 261 265 – 267
神经系统	Nervous system	289 298 305 – 306 314 327
盖仑论神经系统	~, Galen on	69
神奇的子弹	Magic bullets	279
胃蛋白酶	Pepsin	446
施旺麦丹和生物发生	Swammerdam and generation	187 – 188
施旺麦丹和预成论	Swammerdam and preformation	167 – 168
显微镜	Microscope	127 129 138 144 147 155 – 176 187 198 200 214 216 217 220 221 231 232 238 240 242 255 301
显微镜学	Microscopy	
荧光显微镜学	~, fluorescence	174
油浸显微镜学	~, immersion	171 – 172
光学显微镜的限度	~ limitation of light microscopy	173 – 174
相差显微镜学	~, phase – contrast	173
显微镜学的技术问题	~ technical problems	170 – 171
紫外显微镜学	~, ultraviolet	173 – 174
炼金术	Alchemy	106 – 112 238 239 289 314
独角兽	Unicorn	344
普林尼的独角兽	Unicorn of Pliny	60
柔软组织	Parenchyma	216
迷信	Superstition	56 57 70 – 71 72 75 – 76 79
十画		
预成论	Preformation	186 187 – 196 200 206 244 356 411

确定预成论的含义	~, defined	181
施旺麦丹和预成论	~, Swammerdam and	167
铁器的首次使用	Iron, first uses of	5
埃及	Egypt	4 – 5
诺亚方舟	Noah's ark	342
埋葬习俗与解剖知识	Burial customs and *anatomical* knowledge	2
特创论	Special creation	373 395
浪漫主义(参见自然哲学)	Romanticism(see also Nature philosophy)	200 – 201
造纸	Paper making	81
哥伦布和生物发生	Columbus and generation	183
健康理论	Health, theories of	17
"被包含在内的"理论	Encapsulation, theories of	192 244
格拉夫氏的卵泡	Graafian follicles	202 – 203
脊索	Notochord	203 – 204 224
原生说	Archebiosis	251
原子理论	Atomic theory	65 323
希腊原子论者的原子理论	~, Greek atomists	23 – 27
原生质	Protoplasm	218 220 228 229 232 234 458
原液	Urschleim	219 226
原始模型(原型)	Archetypes	200 – 201 219 253 366 268
获得性状的遗传	Acquired characteristics inheritance of	408 419 425 431
核仁	Nucleoleus	205 222 225
核素(参见核酸 DNA RNA)	Nuclein(see also Nucleic acid, DNA RNA)	446 – 448 457
核酸	Nucleic acid	210 283 445 447 449 451 453 454 455 457

461

核蛋白	Nucleoprotein	451 459
核糖核酸	RNA	234 448 466 467 468
病毒	Viruses	253 280 – 283
病毒(参见噬菌体)	Virus(see also Bacterio – phage)	451 453 454 457 466 467
烟草花叶病毒	Tobacco mosaic virus	281 283
消化	Digestion	289 299 302 310 311 312 – 313
氧	Oxygen	322
蚕	Silkworm	256 – 257
消色差透镜	Achromatic lenses	170 171 172
透镜(古代的使用)	Lenses, ancient uses of	155 – 157

十一画

探索自然秘密协会	Academia Secretorum Naturae	144
维萨里和生物发生	Vesalius and generation	182 – 183
萨顿—博维里假设	Sutton – Boveri hypothesis	437 – 438
理性的灵魂	Rational Soul	292 294 295
基因	Gene	
基因的化学本质	~, chemical nature of	444 – 462
基因的物理本质	~, physical nature of	443 – 444
摩尔根的基因理论	~, Morgan's theory of	441
基因的人工合成	Genes, artificial synthesis of	468
蛋白质合成	Protein synthesis	464
脱氧核糖核酸	DNA	35 324 444 446 448 449 451 453 454 455 466
作为遗传物质的 DNA	~ as the genetic material	452 – 462
渐成论	Epigenesis	184 186 187 197 – 200 206 210 356
确定渐成论的含义	~ difined	181

盖仑的生理学	Galen, physiology	66 – 70
盖仑论循环系统	Galen, circulatory system	66 – 69
盖仑论神经系统	Galen, nervous system	69
盖仑和生物发生	Galen and generation	182 184
盖仑学派的生理学	Galenic physiology	292
减数分裂	Meiosis	432 437
梅毒	Syphilis	278
淋巴腺鼠疫	Bubonic plague	72
望远镜	Telescope	138 155 157 170
眼镜	Spectacles(eye glasses)	156
授精(人工的)	Insemination, artificial	195

十二画

遗传	Inheritance	407 – 408
遗传机制	~, mechanism of	455
遗传学	Genetics	179 385 388 395 405 – 432
遗传学定义	~, definition	426
用"Genetics"来代替以往的"heredity""generation"等	~, replaces "heredity", "generation" etc.	405
遗传工程	Genetic engineering	468
遗传密码	Genetic code	466
黑暗时代	Dark Ages	70 72
斯多葛派	Stoics	58 63 69
斯科普斯审判案	Scopes trial	394 – 395
《蒂迈欧篇》	*Timaeus*	29
最基本的元素	Primary element	309
植物学	Botany	217 222
罗马植物学	~, Roman	61
阿拉伯植物学	~, Arab	83 – 84
植物性别植物学	~, plant sexuality	168 169
德奥弗拉斯特和植物学	~, Theophrastus and	36 – 37

植物杂交	Plant hybridization	409 410 – 413 414
植物性别	Plant sexuality	168 169
循环系统(参见血液和心脏)	Circulatory system(see also Blood, Heart)	
盖仑论循环系统	~, Galen on	66 – 69
维萨里和循环系统	~, Vesalius and	103 104
埃拉西斯特拉塔论循环系统	~, Erasistratus on	53
小循环或肺循环	~, Minor or pulmonary	76
黑尿症	Alcaptonuria	462 – 463
链孢霉	Neurospora	463 464

十三画

感受性(敏感性)	Sensibility	216 304
"觉察不到的出汗"	"Insensible perspiration"	290
解剖学	Anatomy	2 16 131 – 132 288
人体解剖学	~, human	72
比较解剖学	~, comparative	96
盖仑的解剖学	~, Galen	65 – 70
赛尔苏斯的解剖学	~, Celsus	62
亚历山大时期的解剖学	~, Alexandrian	50 – 54
解剖学的起源	~ origins	2
原始人与解剖学	~, primitive man and	2
维萨里和解剖学	~, Vesalius and	98 – 106
解剖学与艺术(文艺复兴时期的)	Anatomy and art, renaissance	94 – 96
微生物学	Microbiology	223 233
微生物理论(病菌说)	Germ theory	214 252 276
微生物理论(病菌说)的历史状况	~, historical aspects	253 – 256
巴斯德和微生物理论(病菌说)	~, Pasteur and	256 – 263

微型小人	Homunculus	189, 190
群体遗传学	Population genetics	429
蒙古人	Mongols	84
新陈代谢	Metabolism	237 289 290 326 330 331 332
"觉察不到的出汗"代谢	~, "insensible perspiration"	132
催化作用	Catalysis	323
输血	Blood transfusion	129
溶菌酶	Lysozyme	280
滤过性病毒 (参见病毒和噬菌体)	Filterable virus (see also Virus and Bacteriophage)	281 282 451

十四画

演绎法	Deductive method	142
赫尔希和蔡斯实验	Hershey and Chase experiment	454 – 455
精子	Sperm	194 – 196
精子的发现	~, discovery of	161
精源论者	Spermists	356
精源论者的预成论	Spermist performation	189 – 190
精细的液体	Subtle fluids	315
碱基配对	Base pairing	459 460
酶(参见酵素)	Enzymes (see also Ferments)	445 463 – 464
酵素(发酵)	Ferment	299 310 331 445 447 448 463
模板	Template	461 468
静脉瓣膜	Veinous valves	123 126 129
骡	Mule	356 357 359 406
滴虫	Monads	244

十五画

德佛里斯的突变理论	Mutation theory of de Vries	422

十六画

噬菌体	Bacteriophage	253 453 455 457 464 467
噬菌体（参见 Bacteriophage，病毒）	Phage(see also Bacteriophage, Virus)	347
噬菌体的发现	Discovery of Bacteriophage	282－283
燃烧	Combustion	314 315 322
燃素理论	Phlogiston theory	313－315
瘴气	Miasmata	254－255
磺胺	Sulfanilamide	280
磺胺药物	Sulfa drugs	280
融合遗传	Blending inheritance	409 419

十七画以上

镰刀型红细胞贫血症	Sickel cell anemia	464－465
翻译	Translation	466
镶嵌式发育	Mosaic development	206－207 208

内容索引(英汉对照)

Academi del Cimento	辛曼托研究院	144 162
Academia Secretorum Naturae	探索自然秘密协会	144
Academy dei Lincei	林西研究院 (即猞猁研究院)	144
Academy movement (see also Scientific societies)	学院运动(参见科学社团)	138 – 151
Academy, Plato's	柏拉图学院	29 31 35 71 81
Achromatic lenses	消色差透镜	170 171 172
Acquired characteristics, inheritance of	获得性状遗传	408 419 425 431
Age of the earth	地球年龄	360 361 367 370 374 375 385
Agriculture, origins	农业的起源	3 – 4
Alcaptonuria	黑尿症	462 – 463
Alchemy	炼金术	106 – 112,238, 239 289 314
Alexandrian library	亚历山大图书馆	48 49 54
Alexandria	亚历山大(埃及港口)	47 – 55
Alexandrian museum	亚历山大博物馆	35 47 – 49 54
Alexandrian science, decline of	亚历山大时期科学的衰落	54 – 55
Alpha helix	α—螺旋	464
Alphabet	字母(表)	5
American Academy of Arts and Sciences	美国艺术和科学研究院	150
American philosophical Society	美国哲学协会	150
Anatomy	解剖学	2 16 131 132 288
~, Alexandrian	亚历山大时期的解剖学	50 – 54
~, Celsus	赛尔苏斯解剖学	62

~, comparative	比较解剖学	96
~, Galen	盖伦解剖学	65 – 70
~, human	人体解剖学	72
~, origins	解剖学的起源	2
~, primitive man and	原始人与解剖学	2
~, Vesalius and	维萨里和解剖学	98 – 106
Anatomy and art, renaissance	文艺复兴时期的解剖学和艺术	94 – 96
Aniline dyes	苯胺染料	233 264 278 – 279
Animal chemistry	动物化学	324 – 326
Animal spirits	动物灵气	292 294 295
Anthrax	炭疽病	257 – 261 265 – 267
Antibodies	抗体	273 279
Antitoxins	抗毒素	273 275 276 277
Apomixes	无融合生殖	415
Arab science	阿拉伯科学	80 – 84
Arabs	阿拉伯人	74 75 76
Archebiosis	原生说	251
Archetypes	原始模型(原型)	200 – 201
Aristotle on generation	亚里士多德论生物发生	181 – 182 183 184 185
Astrology	占星术	5 57 65 70 75 110 111 112 118 142
Atomic theory	原子理论	65 323
~, Greek atomists	希腊原子论者的原子理论	23 – 27
Bacteriology, mathods	细菌学方法	269 – 270
Bacteriophage	噬菌体	253 453 455 457 464 467 469
~, Discovery of	噬菌体的发现	282 – 283
Base pairing	碱基配对	459 460
Biochemistry	生物化学	133 205 227 332 444 445 449 463 464

Biogenesis	生源说	237 392
Biogenetic law	生物发生律	204 – 205
Biology	生物学	1
~ definition	生物学定义	1
~, Lamarck's definition	拉马克的生物学定义	341
~ origins	生物学的起源	1,2
Biometricians	生物统计学者	429
Blending inheritance	融合遗传	409 419
Blood(see also Heart, Circulation)	血液(参见心脏 循环)	18
~, circulation of	血液循环	126 – 131 289
~, circulation of(diagram)	血液循环(图解)	131
~, Empedocles' theory of movemont	恩培多克勒的血液运动理论	18
Blood	血液	
~, ideas about	血液的概念	116 – 117
~, theories of Erasistratus	埃拉西斯特拉塔的血液理论	52 – 53
Blood pressure	血压	316
Blood transfusion	输血	129
Boston Philosophical Society	波士顿哲学协会	150
Botany	植物学	217 222
~, Arab	阿拉伯植物学	83 – 84
~, plant sexuality	植物性别植物学	168 – 169
~, Roman	罗马植物学	61
~, Theophrastus and	德奥弗拉斯特和植物学	36 – 37
Bubonic plague	淋巴腺鼠疫病	72
Burial customs and anatomical knowledge	哀葬习俗和血液循环	2
Capillaries and circulation of the blood	毛细管和血液循环	160 161 162 – 163
Catalysis	催化作用	323

Catastrophism	灾变说	375
Cell theory	细胞学说	180 199 201 205 214 – 234 372
Celis, Robert Hooke and	细胞和 R. 胡克	164
Cellular pathology	细胞病理学	229 – 232
Central dogma	中心法则	462 464 466 467
"Chain of being"(see also "Scale of nature")	生物的链条(参见"自然的等级")	343
Chemical evolution	化学进化	253
Chemical revolution	化学革命	302 320 323
Chemistry(see also Alchemy)	化学(参见炼金术)	82 – 83 106 289 312 313 314 323
Chemitherapy	化学治疗	278 279 280
Chiasmatype hypothesis	交叉型假设	440
Chicken cholera	鸡瘟疫苗	257 259
China	中国	3
Chromatic aberration, microscopes and	显微镜和色差	170 – 171
Chromatin	染色质	233 432 445 447 – 448
Chromosomal rearrangements	染色体重组	422
Chromosome map	染色体图	440 – 441
Chromosome rings	染色体环	444
Chromosome theory (see also Gene, theories of)	染色体理论(参见基因,基因理论)	441
Chromosome	染色体	205 232 233 418 431 437 438 440 444 448 449 467
Circulation of the blood (see also Blood, Heart)	血液循环(参见血液,心脏)	115 – 131
~, Ancient Chinese concept of	中国古代的血液循环概念	130
~, Cesalpino and	塞扎尔比诺和血液循环	122

~, Harvey and	哈维和血液循环	125 - 131
Circulatory system (see also Blood and Heart)	循环系统（参见血液和心脏）	
~, Erasistratus on	埃拉西斯特拉塔对循环系统的看法	53
~, Galen on	盖仑对循环系统的看法	66 - 69
~, Minor or pulmonary	小循环系统或肺循环系统	76
~, Vesalius and	维萨里和循环系统	103 104
Civilizations, ancient	文明（古代的）	3
Columbus, Realdus and generation	哥伦布和生物发生	183
Combustion	燃烧	314 315 322
Conservation of matter	物质不灭	326
Contagion	传染 传染病 传染病毒	253 - 255
Continuous variations	连续变异	421 425 426 427 439
Crossing over	交换	440
Cytoblast	细胞核	222
Cytoblastema	成胞原浆	222 223 226 227
Cytology	细胞学	437 444
Cytology and genetics	细胞学和遗传学	430 - 432
Dark ages	黑暗时代	70 72
Darwin, views on genetics	达尔文的遗传观	409 - 410
Darwinism	达尔文主义	390
Deductive method	演绎法	142
Determinism	宿命论 决定论	329
Development and differentiation	发育与分化	179
Develoment, Roux's definition	鲁的发育定义	206
Developmental mechanics	发育机制	206

Digestion	消化	289 299 302 310 311 312 – 313
Diptheria	白喉(症)	275 – 276 281
Discontinuous variation	不连续变异	418 421 425 426 439 441
DNA	脱氧核糖核酸	35 234 444 446 448 449 451 453 454 455 466
~, as the genetic material	作为遗传物质的脱氧核糖核酸	452 – 462
Double helix(see also DNA)	双螺旋(参见 DNA)	459 460 461 465
Double helix, The	《双螺旋》	461
Drosophila(see also Fruit fly)	果蝇(参见 Fruitfly)	
Ecology	生态学	71
Egypt	埃及	4 – 5
Electron microscope	电子显微镜	174 – 176 283
Embryology	胚胎学	123 179 203 – 205 217 226
~, experimental	实验胚胎学	206 – 210
~, in antiquity	古代胚胎学	180 – 182
Encapsulation		
~, theory of	"被包含在内的"理论	192 244
Entelechy	生命的原理	208
Enzymes(see also Ferments)	酶(参见酵母)	445 463 – 464
Epigenesis	渐成论	184 186 187 197 – 200 206 210 256
~, defined	确定渐成论的含义	181
Ethology	性格(形成)学	388
Eugenics	优生学	394 429 442 443
Evolution	进化论	212 205 206 214 237 409 410 427

		437 439 442 443
~, biological	生物进化	2
~, chemical	化学进化	253
~, culture or human	文化或人类的进化	2
~, Empedocles' theory	恩培多克勒的进化理论	18 19 – 20
Experimental method	实验方法	
~, Empedocles and origin of	恩培多克勒和实验方法的起源	21
~, Strato and	斯特拉图和实验方法	37 – 39
Experimental science	实验科学	110
Fabricius, Hieronymus, and generation	法布里修斯和生物发生	183 – 184 185 194
Ferment	酵素(发酵)	299 310 331 445 447 448 463
Fermentation	发酵作用	223 227 232 237 238 239 241 – 242 243 246 247 254 255 308 311 325 329
Fertilization	受精作用	194 – 195 196 447
Filterable virus(see also Virus and Bacteriophage)	可滤过性病毒(参见病毒和噬菌体)	281 282 451
Fitness, Darwinian	适应(达尔文主义的)	384
Fossils	化石	14 95 300 347 355 360 369 370 372 374 375 382 388
Four Elements	四种元素	
~, Theophrastus "On Fire"	德奥弗拉斯特在《论火》中对四种元素的论述	37
~, theory of	四种元素理论	11 14 18
Four Humors	四种体液	27 51 52 69
French Academy of Sciences	法国科学院	144 145 147 – 149
Fruit fly	果蝇	439 – 441 442 443 444 457 463 – 464

Galapagos Islands	加拉帕戈斯群岛	380 382
Galen	盖仑	
~, Circulatory system	盖仑论循环系统	66 – 69
~, and generation	盖仑和生物发生	182 184
~, nervous system	盖仑论神经系统	69
~, physiology	盖仑的生理学	66 – 70
Galenic physiology	盖仑学派的生理学	292
Gases	气体	308 310 316
Gemmules	胚芽	410
Gene	基因	
~, Chemical nature of	基因的化学本质	444 – 462
~, Moragan's theory of	摩尔根的基因理论	441
~, Physical nature of	基因的物理本质	443 – 444
Generation	发生　遗传	167
~, Aristotle`s theory of	亚历士多德的发生理论	34 – 35
~, Empedocles' theory of	恩培多克勒的发生理论	20
~, original definition	"发生"的原初定义	179
Genes, artificial synthesis of	基因的人工合成	468
Genetic code	遗传密码	466
Genetic engineering	遗传工程	468
Genetics	遗传学	179 385 388 395 405 – 432
~ definition	遗传学定义	426
~ replaces "heredity" "generation", etc	用"genetics"来代替以往的"heredity"、"generation"	405
Geology	地质学	373 374 – 377 381
Germinal vesicle	胚泡	218
Germlayer theory	胚层理论	203 205
Germp lasm, continuity of	种质的连续性	428 – 429 430 – 432
Germ theory	微生物理论(病菌说)	214 252 276
~, historical aspects	微生物理论〔病菌说〕的历史状况	253 – 256

~, Pasteur and	巴斯德和微生物理论(病菌说)	256 – 263
Globulist theories	"小球"学说	217
Graafian follicles	格拉夫卵泡	202 – 203
Gun powder	火药	84 92 – 93
Ham, Johan and discovery of sperm	哈姆和精子的发现	161
Harveym William and generation	哈维和生物发生	180 181 184 – 186 187 188 194 195 202 203
Health, theories of	健康理论	17
Heart	心脏	12 121 122 298
~, Descartes' views on	笛卡尔的心脏观	293 – 294
Hemoglobin	血红素	458 464 465
Hershey and Chase experiment	赫尔希和蔡斯实验	454 – 455
Heterogenesis	自然发生论	246 248 249
Hippocrates, on generation	希波克拉第论生物发生	180 – 181 183
Histological stains	组织学染色	278
Histology	组织学	220 221 223 276
Homeostasis	体内平衡	332 – 333
Homunculus	微型小人	189 190
Human genetics	人类遗传学	442 462 – 463 464 – 465
Humanists	人文主义者	91 – 92 98
Humoral pathology	体液病理学	215 465
Humoral theory	体液理论	273
Hybrids	杂种	406 407 409 411
Iatrochemists	医学化学论者	289 308 – 311 311 – 312 315
Iatromechanists	医学机械论者	289 312

Immunology	免疫学	259 272 277 – 278 279
~ and genetics	免疫学和遗传学	452 – 453
India	印度	3
Inductive method	归纳法	140
Infusoria	纤毛虫纲	194 196 237 238 244 255
Infusorians	纤毛虫	364
Inheritance	遗传	407 – 408
~, mechanism of	遗传机制	455
Insemination, artificial	人工授精	195
"Insensible perspiration"	"觉察不到的出汗"	290
Inventions, scientific instruments	科学仪器的发明	138 145
Iron, first uses of	铁器的首次使用	5
Irritability	应激性	216 299 – 300 304 367
Isomerism	同分异构现象	323
Koran	古兰经	80 81
Koch's postulates	科赫准则	256 271
Ladder of Creation (or chain of Being)	创造物的阶梯(或生物的链条)	33
Leeuwenhoek,		
~ and capillaries	列文虎克和毛细管	160 – 161
~ and discovery of sperm	列文虎克和精子的发现	161
Lenses, ancient uses of	古代透镜的使用	155 – 157
Lessor circulation (see also Pulmonary circulation)	小循环(见肺循环)	
Liberal arts, of medieval university	中世纪大学的文科	78
Linkage	连锁	418 438 – 439 440

		444
Lunar society	太阴社	366
Lyceum	吕克昂学院	35 38 39 47 48
~, Aristotle's	亚历士多德的吕克昂学院	31
Lysozyme	溶菌酶	280
Macromolecules	大分子	205
Magic bullets	神奇的子弹	279
Malpighi	马尔比基	127 158 160 161 - 163 169 217 296 297
~ and capillaries	马尔比基和毛细管	161 - 163
~ and generation	马尔比基和生物发生	187 - 188
Maternal impression	母亲的感情	408
Mechanism	机械主义	290 314 326 329
Mechanistic philosophy	机械论哲学	143 206
~, and generation	机械论哲学和生物发生	181 186 197 200
Mechanistic physiology	机械论生理学	127 132 289 290 291 - 296
Medical theories of Paracelsus	巴拉塞尔苏斯医学理论	110 - 112
Medicine	医学	
~, Alexandrian	亚历山大时期的医学	52
~, Arab	阿拉伯医学	83
~, Greek	希腊医学	27 - 28
~, and religion	医学和宗教	72
~, Roman	罗马医学	56 61 - 70
Meiosis	减数分裂	432 437
Mendelian genetics	孟德尔遗传学	410
Mendelians	孟德尔学派	427
Mendel's laws	孟德尔定律	417 437 441
Mesopotamia	美索不达米亚	4 - 5
Metabolic disorders	代谢失常	462 - 463 464 - 465
Metabolic phenomena	代谢现象	227

Metabolism	新陈代谢	237 289 290 326 330 331 332
~, "insensible perspiration"	"觉察不到出汗"的代谢	132
Miasmata	瘴气	254 - 255
Microbiology	微生物学	223 233
Microscope	显微镜	127 129 138 144 147 155 - 176 187 198 200 214 216 217 220 221 231 232 238 240 242 255 301
Microscopy	显微镜学	
~, fluorescence	萤光显微镜学	174
~, immersion	注浸显微镜学	171 - 172
~, limitation of light	光学显微镜的限度	173 - 174
~, phase - contrast	相差显微镜学	173
~, ultraviolet	紫外显微镜学	173 - 174
~, technical problems	显微镜学的技术问题	170 - 171
Middle Ages	中世纪	73 - 84 91 92 138
~, scholarship during	中世纪的学术领域	74 - 76
~, technological changes	中世纪的技术变化	73 - 74
Minor circulation (see also pulmonary circulation)	小循环(参见肺循环)	
Mitosis	有丝分裂	233 432 437
Molecular biology	分子生物学	210 437 466 467
Molecular genetics	分子遗传学	466
Monads	滴虫	244
Mosaic development	镶嵌式发育	206 - 207 208
Mongols	蒙古人	84
Mule	骡	356 357 359 406
Muscle action	肌肉动作	289 297 - 299 301 - 302
Museum of Alexandria	亚历山大的博物馆	39
Mutation	突变	356 359 439 441

		462 464 465
Mutation theory of de Vries	德佛里斯的突变理论	422
Mutual aid and evolution	互助和进化	394
National Academy of Sciences	美国国家科学院	150
National Institutes of Health	美国卫生研究所	151
National Science Foundation	美国国家科学基金会	151
Natural history	自然史	341 390
Natural History, Pliny's	普林尼的《自然史》	58 59 60
Natural magic	自然的魔法	110
Natural philosophy	自然哲学	
–, Greek origins	源自希腊的自然哲学	8
Natural selection	自然选择	381 382 383 – 386
		387 409 426 429
Natural theology	自然神学	346 – 348 353 375
		391 409
Neptunists	水成论者	374
Nervous system	神经系统	289 298 305 – 306
		314 327
–, Galen on	盖仑论神经系统	6 – 9
Neurospora	链孢霉	463 464
Noah's ark	诺亚方舟	342
"Non – Mendelian" inheritance	非孟德尔式遗传	426
Notochord	脊索	203 – 204 224
Nucleic acid	核酸	210 283 445 447
		449 451 453 454
		455 457 461
Nuclein(see also Nucleic acid, DNA, RNA)	核素 (参见核酸 DNA RNA)	446 – 448 451
Nucleoprotein	核蛋白	451 459
Nucleoleus	核仁	205 222 225
Nucleus	细胞核	205 217 222 225

		228 229 232 234
		421 432 438 446
		447
Ontogeny	个体发生	205
Organic chemistry	有机化学	324 – 326
Organizer	组织者	209
Origin of Species	《物种起源》	341 346 363 367
		378 386 392
Ovist performation	卵源论者的预成论	189 190 – 196
Ovists	卵源论	356
Ovum, mammalian	哺乳类的卵	201 – 203
Oxygen	氧	322
Paleontology	古生物学	369
Pangenes	胚芽　泛生因子	408 421
Pangenesis	泛生论	357 395 408 409 –
		410 419 421
Paper making	造纸	81
Parenchyma	柔软组织	216
Parthenogenesis	孤雌生殖(单性生殖)	189 192 196 408 415
Penicillin	青霉素	279 – 280
Pepsin	胃蛋白酶	446
Phage(see also Bacterio – phage, Virus)	噬菌体(参见 Bacteriophage 病毒)	437
Phagocytosis	吞噬作用(噬菌作用)	273
Pharmacology	药理学(药物学)	278 279
~, Arab	阿拉伯的药物学	83
~, Paracelsus	巴拉赛尔苏斯的药物学	110 – 112
Phlogiston Theory	燃素理论	313 – 315
Photosynthesis	光合作用	315
Phylogeny	种系进化(系统发育)	205
Physiology	生理学	104 110 143 146 220
		223 232 288 – 333

~, experimental	实验生理学	327
~, Galen	盖伦的生理学	66 – 70
~, Harvey	哈维的生理学	127
Pineal gland	松果腺	295
Placenta	胎盘(胎座)	183
Plant hybridization	植物杂交	409 410 – 413 414
Plant sexuality	植物性别	168 169
Pneuma	宇宙灵气(元气)	58 116
~, Erasistratuson	埃拉西斯特拉塔论宇宙灵气	53
~, Galen on	盖伦论宇宙灵气	68
Pneumatic chemistry	空气化学	315 – 320
Pneumatic trough	空气槽	316
Population genetics	群体遗传学	429
Preformation	预成论	186 187 – 196 200 206 244 356 411
~, defined	确定预成论的含义	181
~, Swammerdam and	施旺麦丹和预成论	167
Prenatal Culture	胚胎期教养	408
Pre – Socratics	苏格拉底以前的时代	138 141
Primary element	最基本的元素	84 92 – 94
Printing	印刷术	309
Protamine	鱼精蛋白	446
Protein systhesis	蛋白质合成	464
Protoplasm	原生质	218 220 228 229 232 234 458
Provirus hypothesis	前病毒假设	467
Puerperal fever	产褥热	261
Pulmonary circulation	肺循环	
~, Columbus and	哥伦布和肺循环	120 – 122
~, Harvrey and	哈维和肺循环	128
~, Ibnan – Nafis and	阿尔—纳菲与肺循环	76 130
~, Servetus and	塞尔维特和肺循环	118 – 120

Rabies	狂犬病	261 – 262 280
Rational soul	理性的灵魂	292 294 295
Recombination	重组	417 421 437 439 442 454
Regeneration	再生	179
Religion(see also superstition)	宗教(参见迷信)	137 145
~, Roman	罗马的宗教	56 57
Religion and Science	宗教与科学	70 72 – 73 97 115 118 – 120 166 296 297 300 – 302 306 309 342 361 353 354 375 406 412
~, Middle Ages	中世纪的宗教与科学	74 76
~, Pythagoras	毕达哥拉斯论宗教与科学	16
Renaissance	文艺复兴	138
~, artists	文艺复兴时期的艺术家	94 – 96
~, Science in	文艺复兴时期的科学	92 – 112
Replication of DNA	DNA 复制	461
Respiration	呼吸	302 314 315 316 322
~, Empedocles' theory of	恩培多克勒的呼吸理论	20 – 21
Reverse transcriptase	反转录酶	466 – 468
RNA	核糖核酸	234 448 466 467 468
Roman medicine	罗马时代的医学	56 61 – 70
Roman period	罗马时代	55 – 73
Romanticism(see also Nature philosophy)	浪漫主义(参见自然哲学)	200 – 201
Royal Society of London	伦敦皇家学会	144 145 – 147 148 149 150 159 163 169 170 300

Royal Society	英国皇家学会	130
Salvarsan	六〇六　洒尔佛散	278
"Scale of Nature" (see also "Chain of Being")	"自然的等级"(参见"生物的链条")	347 365 366
Scholasticism	经院主义	79 91 141
Science, decline of Roman	罗马时代的科学衰落	60 70 – 73
~, Greek origins	源于希腊的科学	8
Scientific instruments	科学仪器	138 155
Scientific method	科学方法	95 116 127
~, Aristotle and	亚历士多德和科学方法	35
~, Bacon and	培根和科学方法	140
Scientific societies, American	美国的科学社团	149 – 151
Scopes trial	斯科普斯审判案	394 – 395
Segregation	性状分离	421 422 437 438
~, Mendelian	孟德尔式的性状分离	417
Semiconservative replication	半保留复制	461
Sensibility	敏感性	216 304
Serology	血清学	227
Sex chromosomes	性染色体	438
Sexual selection	性选择	386 – 387 409
Sickel cell anemia	镰刀型红血球贫血症	464 – 465
Silkworm	蚕	256 – 257
Slavery	奴隶制	49 56
Smallpox	天花	280
Social Darwinism	社会达尔文主义	393 – 395
Sociobiology	社会生物学	394
Somatoplasm	体质	431
Soul(or spirit)	灵魂(或灵气)	16 290 297 305 315
~, Plato's theory of	柏拉图的灵魂(气)理论	29 – 30
~, Stoic view of	斯多葛派的灵魂观	58

Special creation	特创论	373 395
Species concepts	物种概念	325 347 359 370
Spectacles(eye glasses)	眼镜	156
Sperm	精子	194 – 196
~, discovery of	精子的发现	161
Spermist performation	精源论者的预成论	189 – 190
Spermists	精源论者	356
Spirits(see also Pneuma and Soul)	灵气(精气)	70 105 116 120 122 124 126 127 301
~, animal (see also ammal spirits)	动物灵气	
~, Erasistratus on	埃拉西斯特拉塔论动物灵气	53 – 54
~, Galen on	盖仑论动物灵气	66 – 69
Spontaneous generation	自然发生	144 168 179 186 188 194 223 231 232 237 238 239 242 243 – 253 256 364 372 408
~, Aristotle's theory	亚里士多德的自然发生理论	34
Spores	孢子	251
Slavery in Greek era	希腊时代的奴隶制	40 – 41
Stereochemistry	结构化学	240 – 241 242
Stoics	斯多噶派	58 63 69
Struggle for existance	生存斗争	384
Subtle fluids	精细的液体	315
Subcellular structures	亚细胞结构	210
Sulfanilamide	磺胺	280
Sulfa drugs	磺胺药物	280
Superstition	迷信	56 57 70 – 71 72 75 – 76 79
Sutton – Boveri hypothesis	萨顿—博维里假设	437 – 438
Swammerdan, Jan,	施旺麦丹	

~, and generation	施旺麦丹和生物发生	187 – 188
~ and performation	施旺麦丹和预成论	167 – 168
Sympathy	交感活动	216
Syphilis	梅毒	278
Taxonomy	分类学(分类)	342 – 354 384 413
~, Aristotle's	亚里士多德的分类学	32 – 34
~, Plato's	柏拉图的分类学	30
Teleology	目的论	59 65 70 182 391
~, Theophrastus and	德奥弗拉斯特和目的论	36
Telescope	望远镜	138 155 157 170
Template	模板	461 468
Tetranucleotide hypothesis	四核苷酸假设	448 – 449 456
Timaeus	《蒂迈欧篇》	29
Tissue theory	组织学说	215 – 216
Tobacco mosaic virus	烟草花叶病毒	281 283
Toxicology	毒理学(毒物学)	278
Transcription	转录	466 467
Transforming principle	转化因子(传递的要素)	451 452 453 – 454 455
Translation	翻译	466
Tuberculin	结核菌素	272
Tuberculosis	结核病	270 – 272
Tumor virus	肿瘤病毒	466 – 467
Tyndallization	间歇灭菌法	251
Unicorn	独角兽	344
~, of Pliny	普林尼的独角兽	60
Universities	大学	137 138 139
Uniformitarianism	均变说	374 376 – 377
University of growth	大学的发展	76 – 80
Urea synthesis	尿素的合成	324
Urschleim	原液	219 226

Vaccination	种牛痘(接种)	280
Vaccines	牛痘苗(疫苗　菌苗)	257 259 – 261 261 – 262
Variation(see also Genetics and Evolution)	变异 (参见遗传学和进化论)	409 425 430 437 439
Veinous valves	静脉瓣膜	123 126 129
Vesalius, and generation	维萨里和生物发生	182 – 183
Virus(see also Bacterophage)	病毒(参见噬菌体)	451 453 454 457 466 467
Viruses	病毒	253 280 – 283
Vital force	生命力(生机、活力)	290 326 327 329
Vitalism	活力论　生机论	290 309 314 323 326 329 330
Vulcanists	火成论者	374
Watson – Crick model	沃森—克里克模型	453 460
What is Life?	《生命是什么?》	444 456 458
Xenia	异粉性	423
X – ray crystallography	X—射线结晶	456 458 459 461
X – rays	X—射线	447 443 457 464
Zoonomia	《动物学》(又译《生物规律学》)	363 378

人名索引[①](汉英对照)

三画

马耶	Maillet, Benoit de	354 – 356 371
马顿	Marton, Laolislaus	175 283
马瑟	Mather, Cotton	150 280
马勒	Maaløe. Ole	457
马勒	Muller, Hermann Joseph	441 – 443 456 457
马让迪	Magendie, Francois	303 326 – 327 328
马夸特	Marguardt, Martha	277
马尔北基	Malpighi, Marcello	127 158 160 161 – 163 169 217 296 297
马尔萨斯	Malthus, Robert	382 – 383 390 393
马勒伯朗士	Malebranche, Nicolas de	188
大艾伯塔斯	Albertus. Magnus	79 80

四画

尤尔	Yule, Udny	429
尤里	Urey, Harold	253
尤斯德丘斯	Eustachius	16
牛顿	Newton, Isaac	137 141 143 147 163 170 243 288 305 357
比彻	Becher, Johann Joachim	313 314 322
比夏	Bichat, Marie Francois Xavier	215 – 216 361
比奥	Biot, Jean Baptiste	240 243
比德尔	Beadle, George	462 463 – 464
瓦特	Watt, James	366
瓦伦丁	Valentin, G. G.	220
瓦维洛夫	Vavilov, Nikolai	442

① 人名后所注页码是指原书页码,排在书页外侧。

	Ivanovitch	
孔德	Comte, Auguste	341 – 342
巴里	Barry, Martin	229
巴雷	Pare, Ambroise	102 118
巴克兰	Buckland, William	374
巴塞林	Bartholin, Thomas	116
巴特勒	Butler, Samuel	363
巴门尼德	Parmenides	13 18
巴尔蒂摩	Baltimore, David	466 – 467
巴斯蒂恩	Bastian, Henry Charlton	250 – 251 256
巴斯德,路易斯	Pasteur, Louis	227 232 238 239 – 243 246 – 251 252 256 – 263 269 272 273 280 281 325 329 468
巴斯德,玛丽	Pasteur, Marie	241
巴拉赛尔苏斯	Paracelsus	99 101 107 – 112 291 308 309 310 311 313 315 322 325
韦斯	Weiss, Paul	456
韦尔登	Weldon, W. F. R.	427 429
韦格特	Weigert, Karl	276
韦奇伍德	Wedgewood, Josiah	366 380
贝尔	Baer, K. E. von	201 – 205
贝茨	Bates, Henry Walter	390
贝特森	Bateson, William	424 426 438 439 445
贝杰林克	Beijerinck, Martinus W.	281 – 282
贝林,约翰	Belling, John	444
贝林,埃米尔	Behring, Emil von	275 277
贝尔纳,约翰	Bernal, J. D.	458
贝尔纳,克劳德	Bernard, Claude	133 232 243 247 250 326 327 – 332
戈达德	Goddard, Jonathan	299
戈德施米特	Goldschmidt, Richard	391

戈斯林	Gosling, R. C.	459
水谷哲	Mizutani, Satochi	467
切维尔	Chevreul, Michel – Eugene	324
开普勒	Kepler	137 288
乌尔施莱姆	Urschleim	219 226
厄谢尔大主教	Usher, Archbishop	361

五画

布丰	Buffon, Georges	58 194 196 244 245 246 354 355 356 357 – 361 362 365 367 407
布朗	Brown, Robert	217 222
布莱克	Black, Joseph	315 316 – 317 318
布赖恩	Bryan, William Jennings	395
布拉格	Bragg, Lawrence	458
布鲁诺	Bruno, Giordano	137 382
布里奇斯	Bridges, Calvin	444
布莱格登	Blagden, Charles	308
布鲁克斯	Brooks, William Keith	425
布鲁斯特	Brewster, David	171 – 172
兰利	Langley, L. L.	333
加图	Cato	56
卡尔喀	Kalckar, Herman	457
卡文迪什	Cavendish, Henry	315 317 – 318
卡梅腊鲁斯	Camerarius, Rudolf	168 169 179 411
卡尼亚尔 – 拉图尔	Cagniard – Latour, Charles	239 255
卢梭	Rousseau	362 383
卢里亚	Luria, Salvador	455 456 457
卢瑟福	Rutherford, Daniel	317
卢克莱修	Lucretius	56 – 58 141 187 292 408
皮内尔	Pinel, Philippe	215
皮雷斯克	Peiresc, Nicolas Fabri de	144 148
加尔文	Calvin, John	118

加罗德	Garrod, Archibald	462 – 463
艾弗里	Avery, Oswald T.	452 453 – 454
艾尔利希	Ehrlich, Paul	274 275 276 – 278 279 280
尼达姆	Needham. John Turbevill	194 244 – 245 246
北里柴三郎	Kitasato, Shibasaburo	275
弗罗施	Frosch, P.	281
弗莱明,沃尔特	Flemming, Walter	233 447
弗莱明,亚历山大	Fleming, Alexander	279 280
丘恩特	Cuénot, Lucien Claude	440
丘谢玛克	Tschermak, Erich von	420 422 423 – 424
史密斯	Smith, William	375 – 376
史蒂文斯	Stevens, Edward	312 – 313
圣提雷尔,艾廷纳	Geoffroy, St – Hilaire, Etienne	354 362 363 366 369
圣提雷尔,伊西多	Geoffroy, St – Hilaire, Isidore	366
古滕贝格	Gutenberg, Johann	93

六画

多兰	Dolland, John	170 – 171
多马克	Domagk, Gerhard	280
多本顿	Daubenton, Louis	361
达罗	Darrow, Clarence	395
达埃斯	Diels, Hermann	38
达盖尔	Daguerre, Louis J. M.	220
达尔贝克	Dulbecco, Renato	466 – 467
达克劳克斯	Duclaux	250
达尔文,查理士	Darwin, Charles	36 140 205 237 273 341 346 357 358 363 366 367 368 371 372 373 376 377 – 395 409 412 420 421 426 427 429 430 431

达尔文,弗朗西斯	Darwin, Frances	371 377
达尔文,伊拉兹马斯	Darwin, Erasmus	351 354 363 366 – 368
托特	Twort, Frederick William	282
托马斯	Thomas, Lewis	234
托勒密	Ptolemy	48 82
托里拆利	Torricelli, Evangelista	296
托普塞尔	Topsell, Edward	343 344 345
汤姆森	Thomson, J. J.	174
米勒	Miller, Stanley	253
米谢尔	Miescher, Johann Friedrich	445 – 447 448 451
米尔贝尔	Mirbel, Charles	218 219
米切利希	Mitscherlich, Eilhard	240
米纳 – 爱德华兹	Milne – Edwards, Henri	217 247
芝诺	Zeno	24
伦琴	Roentgen, William Konrad	174
约瑟夫	Joseph of Aromatari	187
约翰逊	Johannsen, Wilhelm L.	426
亚里士多德	Aristotle	8 11 16 17 24 25 28 30 – 35 37 39 40 48 49 52 63 65 70 74 76 78 79 82 92 96 116 122 126 127 141 170 208 215 219 243 288 289 342 343 345 351 354 387 406 407 408 410 439
亚历山大大帝	Alexander, the Great	30 31 47 – 48
伊弗罗斯	Ephrussi, Boris	463
伊尔蒂斯	Iltis, Hugo	419
伊壁鸠鲁	Epicurus	56 57 63
伊利亚德	Eliade, Mircea	107
伊凡诺夫斯基	Ivanovski, D.	281
色诺芬	Xenophon	28

色诺芬尼	Xenophanes	13 14
邦尼特	Bonnet, Charles	190 191 – 193 195 196 197
西塞罗	Cicero	24 57
西尔维斯,弗朗西斯	Sylvius, Franciscus	311 – 312 315
西尔维斯,雅各布斯	Sylvius, Jacobus	98 100
华莱士	Wallace, A. R.	273 354 371 381 382 386 389 390 – 391
廷德尔	Tyndall, John	251 – 253
安德森	Anderson, Thomas F.	454
列文虎克	Leeuwenhoek, Antony van	127 147 158 – 161 163 168 170 189 198 217 218 238 239 244 255
乔布劳特	Joblot, Louis	238 244 245
毕达哥拉斯	Pythagoras	15 – 16

七画

阿贝	Abbe, Ernst	172
阿布	Abu, Hanifa al – Dinawari	83
阿米西	Amici, Giovanni Battista	171 172
阿奎那	Aquinas, Thomas	76 79
阿珀特	Appert, Nicolas	245
阿塞利	Aselli, Gasparo	52 132
阿尔巴特	Allbutt, Clifford	61
阿加西斯	Agassiz, Louis	205
阿尔 – 纳菲	Al – Nafis, Ibn	76
阿尔哈真(即哈山姆)	Alhazen(or Ibn al Haitham)	156
阿基米德	Archimedes	40
阿维罗伊	Averroes	83
阿基勒斯	Archelaus	28
阿维森纳	Avicenna	83 109 110
阿尔克梅翁	Alcmaeon	16 – 17 180
阿格里科拉	Agricola, Georg Bauer	369

阿格诺迪丝	Agnodice	51
阿斯特伯里	Astbury, William T.	456
阿那克西米尼	Anaximenes	13 – 14
阿那克西曼德	Anaximander	11 – 12 13 354 355
阿那克萨哥拉	Anaxagoras	13 21 – 23 24 28
阿斯克勒庇俄斯	Asclepius	27 63 64 65
沃纳	Werner, Abraham Gottlob	374
沃森	Watson, James D.	453 454 – 462 466
沃德	Ward, Lester	394
沃尔德耶	Waldeyer, H. W. G.	233
沃尔弗,克里斯琴	Wolff, Christian	197
沃尔弗,弗里德里克	Wolff, Caspar Friedrich	197 – 200 203
坎农	Cannon, Walter Bradford	332 – 333
芭西	Bassi, Laura	193
亨利	Henle, Jacob	220 255
亨德森	Henderson, Lawrence J.	332
亨特,约翰	Hunter, John	195 308
亨特,威廉	Hunter, William	96
芬奇	Vinci, Leonardo da	94 – 96 115
希罗(亚历山大的)	Hero of Alexandria	38 49
希利尔	Hillier, James	175
希帕蒂亚	Hypatia	50
希波克拉底	Hippocrates	10 26 31 35 49 51 54 61 – 65 66 72 82 91 116 254 255 408 419 465
希罗费罗斯	Herophilus	50 – 54 63 64
希尔德加德修女	Hildegard, the Nun	79 345
杜威	Dewey, John	394
杜里舒	Driesch, Hans	206 207 – 208 209
伯顿	Burton, E. F.	175
伯特	Bert, Paul	258
伯里克利	Pericles	22

伯奇利厄斯	Berzelius, Jöns, Jacob	242 323 – 324
伯斯里加特	Boesregard, N. Andry de	189
怀特	White, Lynn	40
麦山尼	Mersenne, Marin	148
麦卡蒂	McCarty, Haclyn	453
麦克朗	McCliung, Clarence E.	438
麦克劳德	Macleod, Colin	453
麦克林托克	McClintock, Barbara	444
庞尼特	Punnet, R. C.	438
李比希	Liebig, Justus von	227 239 242 321 325 – 326 329 448
李约瑟	Needham, Joseph	3
李森科	Lysenko, T. D.	442
克里克	Crick, Francis	453 455 – 462 466 467
克里克尔	Kolliker. Albert	229
克拉居阿斯	Crateuas	61
克娄巴特拉	Cleopatra	49
克鲁泡特金	Kropotkin, Peter	394
克鲁克斯爵士	Crookes, Sir William	174
伽利略	Galileo	137 138 143 144 148 157 288 289 292 296 301 355 382
利斯特	Lister, Joseph	253 274
利瓦伊 – 斯特劳斯	Levi – Strauss, Claude	1
里奥兰	Riolan, Jean	130
苏格拉底	Socrates	8 24 28 – 29 138
辛普利西斯	Simplicius	38

八画

法克	Facke, Wilhelm	419 420 423 424
法林顿	Farrington, Benjamin	24
法洛比斯	Fallopius,	104 123
法布里修斯	Fabricius, Hieronymus	104 123 – 124 125 126

法拉卡斯托里斯	Fracastorius, Hieronymus	254 – 255 276
波塔	Porta, Giovanni Battista della	156 – 157
波义尔	Boyle, Robert	137 140 146 147 232 289 313 314
波尔哈夫	Boerhaave, Herman	167 238 302 – 303 306
波林,彼得	Pauling, Peter	461
波林,莱纳斯	Pauling, Linus	459 461 464 – 465
林耐	Linnaeus, Carl	198 222 238 342 346 348 – 354 359 361 384 412
舍勒	Scheele, Carl Wilhelm	318
弥勒	Müller, Johannes	218 220 – 221 222 223 229 256
金瑟	Guinther, Johann	118
拉马克	Lamarck, Jean Baptiste	192 341 361 362 – 365 366 367 368 369 370 375 385 414
拉瓦锡	Lavoisier, Antoine – Laurent	319 320 – 323 363 416
拉德尔	Radl, E.	192 – 193
拉美特利	La Mettrie, Julien	306 – 308
拉普拉斯	Laplace, Pierre Simon	322
泽克尔	Zirkle, Conway	170 419
居维叶	Cuvier, Georges	192 361 363 366 368 – 370
欧几里德	Euclid	82
罗曼斯	Romans, George John	420
杰斐逊	Jefferson, Thomas	141 150 361
孟德尔	Mendel, Gregor	232 385 395 409 412 413 414 – 420 421 422 423 424 426 427 428 437 445
佩鲁茨	Perutz, Max	457 458
肯德鲁	Kendrew, John	458
凯尔文勋爵(汤姆逊)	Kelvin, Lord (Thomson, William)	385

彼特拉克	Petrarch	72
英格拉姆	Ingram, Vernon M.	464 - 465
底奥斯可里底斯	Dioscorides	56 61 82 83

九画

洛	Loew, Oscar	447
洛克	Locke, John	141 407
洛伦茨	Lorenz, Konrad	388
玻尔	Bohr, Niels	444
费尔	Fell, Honor	458
费谢	Fischer, Ronald A.	416 418 429
费希尔	Fischer, Emil	447 449
费尔内尔	Fernal, Jean	118
科辛	Kützing, Friedrich Traugott	239
科恩	Cohn, Ferdinand	265
科尔比	Kolbe, Hermann	324
科塞尔	Kossel, Albrecht	448
科尔伯特	Colbert, Jean - Baptiste	148 149
科尔罗伊德	Koelreuter, Joseph	353 409 411 - 412
科赫,罗伯特	Koch, Robert	257 258 263 - 272 273 274 276 280 281
科赫,弗兰兹	Koch, Emmy Fraatz	264 273
柯拉纳	Khorana, Har Gobind	468
施旺	Schwann, Theodor	214 218 220 223 - 227 231 232 237 239 242 246 255 325 331
施罗德	Schröder, Heinrich	246
施莱登	Schleiden, Matthias Jakob	214 218 221 - 224 227 228 229 231 232
施旺麦丹	Swammerdam, Jan	158 165 - 168 218 244 301
哈姆	Ham, Johan	189
哈勒	Haller, Albrecht von	190 191 197 202 300 303 - 306 307 367 407

哈维	Harvey, William	34 70 92 104 115 116 121 124 – 132 137 138 139 141 145 146 161 167 288 289 292 293 294 299 306 311 356
哈特索克	Hartsoeker, Niklaas	189 190
哈默施泰因	Hammarsten, Einar	451
洪堡	Humboldt, Alexander von	390
津德	Zinder, Norton	453
柏金	Perkin, William Henry	278 – 279
柯灵斯	Correns, Carl	417 420 422 – 423 424
柯克和雷文	Kirk, G. S. and Raven, J. E.	14
柏拉图	Plato	8 11 16 26 28 29 – 30 32 35 39 40 65 71 82 141 187 292 342 343 406 408
耐格里	Nageli, Karl	228 415 416 422 429 447
拜特洛	Berthelot, Marcelin	324
威尔逊	Wilson, E. B	206 209 210 232 425 437 448
威尔金斯	Wilkins, Maurice	459 460 461
威尔伯福斯主教	Wilberforce, Bishop	392
查伽夫	Chargaff, Erwin	449 – 451 456 459 461
给 – 吕萨克	Gay – Lussac, Joseph Louis	245
胡克,多尔顿	Hooker, Joseph Dalton	381 389
胡克,罗伯特	Hooke, Robert	146 – 147 158 163 – 165 168 199 216 218
恺撒	Caesar, Julius	49 55

十画

泰勒斯	Thales	10 – 11 13 24 40 70
诺丁	Naudin, Charles	413 – 414
诺尔	Knoll, Max	
诺登许尔德	Nordenskiold, E.	54

莱文	Levene, phoebus Aaron	448 – 449 456
莱夫勒	Loeffler, Friedrich	281
莱迪希	Leydig, Franz	229
莱布尼茨	Liebniz. Gottfried Wilhelm	137 244
莱因哈特	Reinhardt, Benno	230
莱德伯格	Lederberg, Joshua	453
格伯(即海扬)	Gerber(Or Jabir ibn Hayyan)	82
格鲁	Grew, Nehemiah	158 168 – 170 216 218 228
格利森	Glisson, Francis	299 – 300 304
格拉夫	Graaf, Regnier de	159 166 202 312
格特纳	Gaertner, Carl Friedrich von	412 – 413
格梅林	Gmelin, Leopold	324
格斯纳	Gesner, Conrad	109 345 – 346 406 407
格里菲思	Griffith, Fred	452 – 453
格雷戈里	Gregory, David	170
哥白尼	Copernicus, Nicolaus	32 92 99 101 137 143 144
哥伦布	Columbus, Realdus	120 – 122 124
高尔顿	Galton, Francis	366 394 427 – 429
海克尔	Haeckel, Ernst Heinrich	205 206 207 363 386 391
留基伯	Leucippas	13 23 – 24
钱伯斯	Chambers, Robert	354 371 – 373 391 392
钱伯兰特	Chamberland, Charles	260 261 281
莫泊丢	Maupertuis	354 356 – 357 406
索恩本	Sonneborn, Tracy	456 457
埃雷尔	Herelle, Felix d'	282 – 283
埃默森	Emerson, Ralph Waldo	364
埃德尔曼	Edelman, Gerald M.	279
埃拉西斯特拉塔	Erasistatus	50 – 54 63 64 66 68 162 215 216
桑德斯	Saunders, Edith R.	426
桑克托留斯	Sanctorius	132 – 134 289 290 308
特夫南特	Thevenot, Melchisedec	148 166 167
特雷维拉努斯	Treviranus, Gottfried	341

爱因斯坦	Einstein, Albert	180
朗福德伯爵	Rumford, Count(Benjamin Thompson)	321
恩培多克勒	Empedocles	17－21 23 24 38 187 219 354 406 408

十一画

盖仑	Galen	63－70 74 82 91 96 100 101 105 106 109 116 122 126 127 130 215 288 289 369 465
基尔	Keir, James	366
梯明	Temin, Howard	466－467
萨顿	Sutton, W. S.	437－438
萨米尔威斯	Semmelweiss, Phillip Ignaz	261
维勒	Wöhler, Friedrich	227 242 323 324
维萨里	Vesalius, Andreas	70 92 98－106 115 118 120 121 126 137 138 147 215 288 289 294 306
梅达沃	Medawar, Peter	453 455
梅杰诺	Majno, Guido	52
梅塞尔森	Meselson, Mathew	461
梅契尼科夫	Metchnikoff, Elie	273－275
笛卡尔	Descartes, René	130 137 138 142—144 148 188 206 288 291－296 307 309 315 365
菲利普(马其顿的)	Philip of Macedon	47
曼戈尔德	Mangold, Hilde	209
培根,罗吉尔	Bacon, Roger	79－80 92 156
培根,弗兰西斯	Bacon, Francis	137 138 139－142 143 144 146 148 150
第欧根尼,拉尔修	Diogenes Laertius	14

十二画

琴纳	Jenner, Edward	259 280
奥肯	Oken. Lorenz	201 218 219 226
奥乔亚	Ochoa, Severo	461
奥巴林	Oparin, A. I.	253
奥斯曼	Othman, Amer al – Jahiz	83
奥普吕纳斯	Oporinus, Johannes	101
奥尔登伯格	Oldenburg, Henry	146 147 162
惠勒	Wheeler, William Morton	405
惠更斯	Huygens, Christiaan	143
普谢	Pouché, Félix Archiméde	246 – 251 256
普林尼	Pliny	56 58 – 61 70 75 139 141 142 155 345 407
普金叶	Purkinje	218 220 228
普莱费尔	Playfair, John	375
普雷布斯	Prebus, Albert	175
普利斯特列	Priestley, Joseph	315 318 – 320 322
舒尔茨	Schultze, Max	229 233
舒尔策	Schulze, Franz	246
道尔顿	Dalton, John	24 106 323 414
博尔顿	Böulton, Matthew	366
博维里	Boveri, Theodor	432 437 438
博雷利	Borelli, Giovanni	144 158 162 296 – 300 312
博蒙特	Beaumont, William	313
黑尔斯	Hales, Stephen	316 357
塔特姆	Tatum, Edward	453 462 463 – 464
腊泽斯	Rhazes	83
斯坦利	Stanley, Wendell M.	283 451
斯坦诺	Steno, Nicolaus	166 202 – 203 295 297 300 – 302 311
斯坦特	Stent, Gunther	460
斯科特	Scot, Michael	75 – 76 79

斯特恩	Stern, Curt	441
斯宾塞	Spencer, Herbert	386 391 393
斯科普斯	Scopes, John Thomas	394 – 395
斯特拉图	Strato	37 – 40 48 49 51 53 54
斯特勒特	Stelluti, Francesco	158
斯普拉特	Sprat, Thomas	146
斯蒂芬斯	Stephens, Joanna	317
斯巴兰让尼	Spallanzani, Lazzaro	190 193 – 196 197 245 312 407
斯特蒂文特	Sturtevant, A. H.	418 440 441
斯特拉斯伯格	Strasburger, Eduard	233 432
斯塔尔,弗兰克	Stahl, Frank W.	461
斯塔尔,恩斯特	Stahl, Georg Ernst	313 – 315 322
温思罗普	Winthrop, John	150
策尼克	Zernike, Fritz	173
鲁	Roux, Wilhelm	206 – 207 208 209 260 261
鲁斯卡	Ruska, Ernst	475
鲁登伯格	Rudenberg, Reinhold	174 175
富兰克林,本杰明	Franklin, Benjamin	150
富兰克林,罗莎琳德	Franklin, Rosalind	459 461

十三画

雷	Ray, John	346 – 348
雷文	Raven, Charles	348
雷迪	Redi, Francesco	144 162 243 – 244 296
雷恩	Wren, Christopher	146
雷马克	Remak, Robert	201 203 220 229 231
雷伊尔	Rayer, P. F. O.	258
雷奥米尔	Reaumur, R. A. F. de	191 312
赖尔	Lyell, Charles	363 375 376 – 377 381 382 389
赖特	Wright, Sewell	405
詹金	Jenkin, Fleeming	385

詹森	Janssen, Zacharias	157
詹森斯	Janssens, F. A.	440
塞尔斯	Sayres, Anne	461
塞涅卡	Seneca	40 155 – 156 187
塞尔维特	Servetus, Michael	117 118 – 120
塞奇威克	Sedgwick, Adam	371 375 376
塞扎尔比诺	Cesalpino, Andreas	122 – 123 124
威尔赫	Virchow, Rudolf	218 220 229 – 232 270 273
蒙迪诺	Mondino	98 101
蒙塔古	Montagu, Mary Wortley	280
福克斯	Fox, Sidney	253
福斯特	Foster, Michael	170 289
瑞典女王克里斯蒂娜	Christina, Queen of Sweden	143 151 297

十四画

歌德	Goethe, Johann Wolfgang von	219 228
赫顿	Hutton, James	374 – 375
赫尔希	Hershey, Alfred	454 – 455
赫尔蒙特	Helmont, Jean Baptista van	308 – 311 316 317
赫尔蒙特	helmont. Joaness Baptista	243
赫特维希	Hertwig, Oscar	207 448
赫尔姆霍茨	Helmholtz, Hermann von	220
赫拉克利特	Heraclitus	13 14 – 15
赫胥黎,托马斯	Huxley, Thomas H.	199 205 228 237 253 371 385 386 391 – 392 394
赫胥黎,朱利安	Huxley, Julian	442
赛尔苏斯	Celsus	50 56 61 – 63 65
蔡斯	Chase, Martha	454 – 455
蔡斯	Zeiss, Carl	172
蔡尔德	Child, C. M.	209

十五画

潘德尔	Pander, Heinrich Christian	203
摩尔根	Morgan, Thomas Hunt	425 427 439 – 441 443 445
德弗里斯	de Vries, Hugo	420 – 422 423 425 426 438 439 441 445
德尔伯里克	Delbrück, Max	30 35 443 444 455 457
德雷布尔	Drebbel, Cornelius	157
德谟克利特	Democritus	13 23 – 27 53 56 141 187 292 406
德奥弗拉斯特	Theophrastus	13 16 35 – 37 38 63 74

十六画

默勒	Mohl, Hugo von	228
薛定谔	Schrödinger, Erwin	444 456 458
穆罕默德	Mohammed	80
霍佩－赛勒	Hoppe – Seyler, Felix	446 447
霍夫曼，威廉	Hofman, August Wilhelm	278
霍姆斯	Holmes, F. L.	332
霍姆斯，温德尔	Holmes, Oliver Wendell	261
霍夫曼，弗里德里克	Hoffmann, Friedrich	314

十七画

戴维因	Davaine, Casimir Joseph	258
魏斯曼	Weismann, August	193 207 357 408 422 430 – 432 437 445

人名索引(英汉对照)

Abbe, Ernst	阿贝	172
Abu, Hanifa al – Dinawari	阿布	83
Agassiz, Louis	阿加西斯	205
Agnodice	阿格诺迪丝	51
Agricola, Georg Bauer	阿格里科拉	369
Albertus Magnus	大艾伯塔斯	79 80
Alcmaeon	阿尔克梅翁	16 – 17 180
Alexander the Great	亚历山大大帝	30 31 47 – 48
Alhazen(or Ibn al Haitham)	阿尔哈真(即哈山姆)	156
Allbutt, Clifford	阿尔巴特	61
Al – Nafis, Ibn	阿尔 – 纳菲	76
Amici, Giovanni Battista	阿米西	171 172
Anaxagoras	阿那克萨哥拉	13 21 – 23 24 28
Anaximander	阿那克西曼德	11 – 12 13 354 355
Anaximenes	阿那克西米尼	13 – 14
Anderson, Thomas F.	安德森	454
Appert, Nicolas	阿珀特	245
Aquinas, Thomas	阿奎那	76 79
Archelaus	阿基勒斯	28
Archimedes	阿基米德	40
Aristotle	亚里士多德	8 11 16 17 24 25 28 30 – 35 37 39 40 48 49 52 63 65 70 74 76 78 79 82 92 96 116 122 126 127 141 170 208 215 219 243 288 289 342 343 345 351 354 387 406 407 408 410 439
Asclepius	阿斯克勒庇俄斯	27 63 64 65

Aselli, Gasparo	阿塞利	52 132
Astbury, William T.	阿斯特伯里	456
Averroes	阿维罗伊	83
Avery, Oswald T.	艾弗里	452 453 – 454
Avicenna	阿维森纳	83 109 110
Baer	贝尔	201 – 205
Bacon, Francis	培根,弗兰西斯	137 138 139 – 142 143 144 146 148 150
Bacon, Roger	培根,罗吉尔	79 80 92 156
Baltimore, David	巴尔蒂摩	466 – 467
Barry, Martin	巴里	229
Bartholin, Thomas	芭塞林	116
Bassi, Laura	芭西	193
Bastian, Henry Charlton	芭斯蒂恩	250 – 251 256
Bates, Henry Walter	贝茨	390
Bateson, William	贝特森	424 426 438 439 445
Beadle, George	比德尔	462 463 – 464
Beaumont, William	博蒙特	313
Becher, Johann Joachim	比彻	313 314 322
Behring, Emil von	贝林,埃米尔	275 277
Beijerinck, Martinus W.	贝杰林克	281 – 282
Belling, John	贝林,约翰	444
Bernal, J. D.	贝尔纳,约翰	458
Bernard, Claude	贝尔纳,克劳德	133 232 243 247 250 326 327 – 332
Bert, Paul	伯特	258
Berthelot, Marcelin	拜特洛	324
Berzelius, Jöns Jacob	伯奇利厄斯	242 323 – 324
Bichat, Marie Francois Xavier	比夏	215 – 216 361
Biot, Jean Baptiste	比奥	240 243
Black, Joseph	布莱克	315 316 – 317 318
Blagden, Charles	布莱格登	308

Boerhaave, Herman	波尔哈夫	167 238 302 - 303 306
Boesregard, N. Andry de	伯斯里加特	189
Bohr, Niels	玻尔	444
Bonnet, Charles	邦尼特	190 191 - 193 195 196 197
Borelli, Giovanni	博雷利	144 158 162 296 - 300 312
Boulton, Matthew	博尔顿	366
Boveri, Theodor	博维里	432 437 438
Boyle, Robert	波义尔	137 140 146 147 232 289 313 314
Bragg, Lawrence	布拉格	458
Brewster, David	布鲁斯特	171 - 172
Bridges, Calvin	布里奇斯	444
Brooks, William keith	布鲁克斯	425
Brown, Robert	布朗	217 222
Bruno, Giordano	布鲁诺	137 382
Bryan, William Jennings	布赖恩	395
Buckland, William	巴克兰	374
Buffon, Georges	布丰	58 194 196 244 245 246 354 355 356 357 - 361 362 365 367 407
Burton, E. F.	伯顿	175
Butler, Samuel	巴特勒	363

Caesar, Julius	恺撒	49 55
Cagniard - Latour, Charles	卡尼亚尔 - 拉图尔	239 255
Calvin, John	加尔文	118
Camerarius, Rudolf	卡梅腊鲁斯	168 169 179
Cannon, Walter Bradford	坎农	332 - 333
Cato	加图	56
Cavendish, Henry	卡文迪什	315 317 - 318
Celsus	赛尔苏斯	50 56 61 - 63,65
Cesalpino, Andreas	塞扎尔比诺	122 - 123 124
Chamberland, Charles	钱伯兰特	260 261 281

Chambers, Robert	钱伯斯	354 371 – 373 391 392
Chargaff, Erwin	查伽夫	449 – 451 456 459 461
Chase, Martha	蔡斯	454 455
Chevreul, Michel – Eugene	切维尔	324
Child, C. M.	蔡尔德	209
Christina, Queen of Sweden	瑞典女王克里斯蒂娜	143 151 297
Cicero	西塞罗	24 57
Cleopatra	克类巴特拉	49
Cohn, Ferdinand	科恩	265
Colbert, Jean – Baptiste	科尔伯特	148 149
Columbus, Realdus	哥伦布	120 – 122 124
Comte, Auguste	孔德	341 – 342
Copernicus, Nicolaus	哥白尼	32 92 99
Correns, Carl	柯灵斯	417 420 422 – 423 424
Crateuas	克拉居阿斯	61
Crick, Francis	克里克	453 455 – 462 466 467
Crookes, Sir William	克鲁克斯爵士	174
Cuénot, Lucien Claude	丘恩特	440
Cuvier, Georges	居维叶	192 361 363 366 368 – 370
Daguerre, Louis J. M.	达盖尔	220
Dalton, John	道尔顿	24 106 323 414
Darrow, Clarence	达罗	395
Darwin, Charles	达尔文,查理士	36 140 205 237 273 341 346 357 358 363 366 367 368 371 372 373 376 377 – 391 392 393 394 395 409 412 420 421 426 427 429 430 431
Darwin, Erasmus	达尔文,伊拉兹马斯	351 354 363 366 – 368
Darwin, Frances	达尔文,弗兰西斯	371 377
Daubenton, Louis	多本顿	361
Davaine, Casimir Joseph	戴维因	258

Delbrück, Max	德尔伯里克	30 35 443 444 455 457
Democritus	德谟克利特	13 23 – 27 53 56 141 187 292 406
Descartes, Réne	笛卡儿	130 137 138 142 – 144 148 188 206 288 291 – 296 307 309 315 365
de Vries, Hugo(see Vries Hugo de)	德弗里斯	420 – 422 423 425 438 439 441 445
Dewey, John	杜威	394
Diles, Hermann	达埃斯	38
Diogenes, Laertius	第欧根尼,拉尔修	14
Dioscorides	底奥斯可里底斯	56 61 82 83
Dolland, John	多兰	170 – 171
Domagk, Gerhard	多马克	280
Drebbel, Cornelius	德雷布尔	157
Driesch, Hans	杜里舒	206 207 – 208 209
Duclaux	达克劳克斯	250
Dulbecco, Renato	达尔贝克	466 – 467
Edelman, Gerald M.	埃德尔曼	279
Ehrlich, Paul	艾尔利希	274 275 276 – 278 279 280
Einstein, Albert	爱因斯坦	180
Eliade, Mircea	伊利亚德	107
Emerson, Ralph Waldo	埃默森	364
Empedocles	恩培多克勒	17 – 21 23 24 38 187 219 354 406 408
Ephrussi, Boris	伊弗罗斯	463
Epicurus	伊壁鸠鲁	56 57 63
Erasistatus	埃拉西斯特拉塔	50 – 54 63 64 66 68 162 215 216
Euclid	欧几里德	82
Eustachius	尤斯德丘斯	16
Fabricius, Hieronymus	法布里修斯	104 123 – 124 125 126
Facke, Wilhelm	法克	419 420 423 424

Fallopius	法洛比斯	104
Farrington, Benjamin	法林顿	24
Fell, Honor	费林	458
Fernal, Jean	费尔内尔	118
Fischer, Emil	费希尔	447 449
Fisher, Ronald A.	费谢	416 418 429
Fleming Alexander	弗莱明,亚历山大	279 – 280
Flemming, Walter	费莱明,沃尔特	233 447
Foster, Michael	福斯特	170 289
Fox, Sidney	福克斯	253
Fracastorius, Hieronymus	法拉卡斯托里斯	254 – 255 276
Franklin, Benjamin	富兰克林,本杰明	150
Frankin, Rosalind	富兰克林,罗莎琳德	459 461
Frosch, P.	弗罗施	281
Gaertner, Carl Friedrich von	格特纳	412 – 413
Galen	盖仑	63 – 70 74 82 91 96 100 101 105 106 109 116 122 126 127 130 215 288 289 369 465
Galileo	伽利略	137 138 143 144 148 157 288 289 292 296 301 355 382
Galton, Francis	高尔顿	366 394 427 – 429
Garrod, Archibald	加罗德	462 – 463
Gay – Lussac, Joseph Louis	给 – 吕萨克	245
Gerber(or Jabir ibn Hayyan)	格伯(即海扬)	82
Geoffroy St – Hilaire, Etienne	圣提雷尔,艾廷纳	354 362 363 366 369
Geoffroy, St – Hilaire, Isidore	圣提雷尔,伊西多	366
Gesner, Conrad	格斯纳	109 345 – 346 406 407
Glisson, Francis	格利森	299 – 300 304
Gmelin, Leopold	格梅林	324
Goddard, Jonathan	戈达德	299
Goethe, Johann Wolfgang von	歌德	219 228

Goldschmidt, Richard	戈德施米特	391
Gosling, R. G.	戈斯林	459
Graaf, Regnier de	格拉夫	159 166 202 312
Gregory, David	格雷戈里	170
Grew, Nehemiah	格鲁	158 168 – 170 216 218 228
Griffith, Fred	格里菲思	452 – 453
Guinther, Johann	金瑟	118
Gutenberg, Johann	古滕贝格	93
Haeckel, Ernst Heinrich	海克尔	205 206 207 363 386 391
Hales, Stephen	黑尔斯	316 357
Haller, Albrecht von	哈勒	190 191 197 202 300 303 – 306 307 367 407
Ham, Johan	哈姆	189
Hammarsten, Einar	哈默施泰因	451
Hartsoeker, Niklaus	哈特索克	189 190
Harvey, William	哈维	34 70 92 104 115 116 121 124 – 132 137 138 139 141 145 146 161 167 288 289 292 293 294 299 306 311 356
Helmholtz, Hermann von	赫尔姆霍茨	220
Helmont, Jean Baptista van	赫尔蒙特	308 – 311 316 317
Henderson, Lawrence J.	亨德森	332
Henle, Jacob	亨利	220 255
Heraclitus	赫拉克利特	13 14 – 15
Herelle, Felix d'	埃雷尔	282 – 283
Hero of Alexandria	希罗(亚历山大的)	38 49
Herophilus	希罗费罗斯	50 – 51 52 53 54 63 64
Hershey, Alfred	赫尔希	454 – 455
Hertwig, Oscar	赫特维希	207 448
Hildegard the Nun	希尔德加德修女	79 345
Hillier, James	希利尔	175
Hippocrates	希波克拉底	10 26 31 35 49 51 54 61

		62 63 64 65 66 72 82 91
		116 254 255 408 419 465
Hoffmann, Friedrich	霍夫曼,弗里德里克	314
Hofman, August Wilhelm	霍夫曼·威廉	278
Holmes, F. L.	霍姆斯	332
Holmes, Oliver Wendell	霍姆斯,温德尔	261
Hooke, Robert	胡克,罗伯特	146 – 147 158 163 – 165 168
		199 216 218
Hooker, Joseph Dalton	胡克,多尔顿	381 389
Hoppe – Seyler, Felix	霍佩 – 赛勒	446 447
Humboldt, Alexander von	洪堡	390
Hunter, John	亨特,约翰	195 308
Hunter, William	亨特,威廉	96
Hutton, James	赫顿	374 – 375
Huxley, Julian	赫胥黎,朱利安	442
Huxley, Thomas H.	赫胥黎,托马斯	199 205 228 237 253 371
		385 386 391 – 392 394
Huygens, Christiaan	惠更斯	143
Hypatia	希帕蒂亚	50
Iltis, Hugo	伊尔蒂斯	419
Ibn an – Nafis	阿尔 – 纳菲	130
Ingram, Vernon M.	英格拉姆	464 – 465
Ivanovski, Dimitri	伊凡诺夫斯基	281
Janssen, Zacharias	詹森	157
Janssens, F. A.	詹森斯	440
Jefferson, Thomas	杰斐逊	141 150 361
Jenkin, Fleeming	詹金	385
Jenner, Edward	琴纳	259 280
Joblot, Louis	乔布劳特	238 244 245
Johannsen, Wilhelm L.	约翰逊	426
Joseph of Aromatari	约瑟夫	187
Kalckar, Herman	卡尔喀	457
Keir, James	基尔	366

Kelvin, Lord(Thomson, William)	凯尔文勋爵(汤姆逊)	385
Kendrew, John	肯德鲁	458
Kepler	开普勒	137 288
Khorana, Har Gobind	柯拉纳	468
Kirk, G. S. and Raven J. E.	柯克和雷文	14
Kitasato Shibasaburo	北里柴三郎	275
Knoll, Max	诺尔	
Koch, Emmy Fraatz	科赫,弗兰兹	264 273
Koch, Robert	科赫,罗伯特	257 258 263 – 272 273 274 276 280 281
Koelreuter, Joseph	科尔罗伊德	353 409 411 – 412
Kolbe, Hermann	科尔比	324
Kolliker, Albert	克里克尔	229
Kossel, Albrecht	科塞尔	448
Kropotkin, Peter	克鲁泡特金	394
Kützing, Friedrich Traugott	科辛	239
Lamarck, Jean Baptiste	拉马克	192 341 361 362 – 365 366 367 368 369 370 375 385 414
LaMettrie, Julien	拉美特利	306 – 308
Langley, L. L.	兰利	333
Laplace, Pierre Simon	拉普拉斯	322
Lavoisier, Antoine – Laurent	拉瓦锡	319 320 – 323 363 416
Lederberg, Joshua	莱德伯格	453
Leeuwenhoek, Antony van	列文虎克	127 147 158 – 161 163 168 170 189 198 217 213 238 239 244 255
Leonardo da Vinci	芬奇	94 – 96 115
Leucippus	留基伯	13 23 – 24
Levene, Phoebus Aaron	莱文	448 – 449 456
Levi – Strauss, Claude	利瓦伊 – 斯特劳斯	1

Leydig, Franz	莱迪希	229
Liebig, Justus von	李比希	227 239 242 321 325 – 326 329 448
Leibniz, Gottfried Wilhelm	莱布尼茨	137 244
Linnaeus, Carl	林耐	198 222 238 342 346 348 – 354 359 361 384 412
Lister, Joseph	利斯特	253 274
Locke, John	洛克	141 407
Loeffler, Friedrich	莱夫勒	281
Loew, Oscar	洛	447
Lorenz Konrad	洛伦茨	388
Lucretius	卢克莱修	56 – 58 141 187 292 408
Luria, Salvador	卢里亚	455 456 457
Lyell, Charles	赖尔	363 375 376 – 377 381 382 389
Lysenko, T. D.	李森科	442
Maaløe, Ole	马勒	457
Macleod, Colin	麦克劳德	453
Magendie, Francois	马让迪	303 326 – 327 328
Maillet, Benoit de	马耶	354 – 356 371
Majno, Guido	梅杰诺	52
Malebranche, Nicolas de	马勒伯朗士	188
Malpighi, Marcello	马尔比基	127 158 160 161 – 163 169 217 296 297
Malthus, Robert	马尔萨斯	382 – 383 390 393
Mangold, Hilde	曼戈尔德	209
Marquardt, Martha	马夸特	277
Marton, Ladislaus	马顿	175 283
Mather, Cotton	马瑟	150 280
Maupertuis	莫泊丢	354 356 – 357 406
McCarty, Maclyn	麦卡蒂	453
McClintock, Barbara	麦克林托克	444

McClung, Clarence E.	麦克朗	438
Medawar, Peter	梅达沃	453 455
Mendel, Gregor	孟德尔	232 385 395 409 412 413 414 – 420 421 422 423 424 426 427 428 437 445
Mersenne, Marin	麦山尼	148
Meselson, Mathew	梅塞尔森	461
Metchnikoff, Elie	梅契尼可夫	273 – 275
Miescher, Johann Friedrich	米谢尔	445 – 447 448 451
Miller, Stanley	米勒	253
Milne – Edwards, Henri	米纳 – 爱德华兹	217 247
Mirbel, Charles	米尔贝尔	218 219
Mitscherlich, Eilhard	米切利希	240
Mizutani, Satoshi	水谷哲	467
Mohammed	穆罕默德	80
Mohl, Hugo von	默勒	228
Mondino	蒙迪诺	98 101
Montagu, Mary Wortley	蒙塔古	280
Morgan, Thomas Hunt	摩尔根	425 427 439 – 441 443 445
Muller, Hermann Joseph	缪勒	441 – 443 456 457
Müller, Johannes	弥勒	218 220 – 221 222 223 229 256
Nägeli, Karl	耐格里	228 415 416 422 429 447
Naudin, Charles	诺丁	413 414
Needham, John Turbevill	尼达姆	194 244 – 245 246
Needham, Joseph	李约瑟	3
Newton, Isaac	牛顿	137 141 143 147 163 170 243 288 305 357
Nordenskiold, E.	诺登许尔德	54
Ochoa, Severo	奥科	461
Oken, Lorenz	奥肯	201 218 219 226
Oldenburg, Henry	奥尔登伯格	146 147 162

Oparin, A. I.	奥巴林	253
Oporinus, Johannes	奥普吕纳斯	101
Othman, Amr al – Jahiz	奥斯曼	83
Pander, Heinrich Christian	潘德尔	203
Paracelsus	巴拉赛尔苏斯	99 101 107 – 112 291 308 309 310 311 313 315 322 325
Pare, Ambroise	巴雷	102 118
Parmenides	巴门尼德	13 18
Pasteur, Louis	巴斯德,路易斯	227 232 238 239 – 243 246 – 251 252 256 – 263 269 272 273 280 281 325 329 468
Pasteur, Marie	巴斯德,玛丽	241
Pauling, Linus	鲍林 莱纳斯	459 461 464 – 465
Pauling, Peter	鲍林,彼得	461
Peiresc, Nicolas Fabri de	皮雷斯克	144 148
Pericles	伯里克利	22
Perkin, William Henry	柏金	278 – 279
Perutz, Max	佩鲁茨	457 458
Petrarch	彼特拉克	72
Philip of Macedon	菲利普(马其顿的)	47
Pinel, Philippe	皮内尔	215
Plato	柏拉图	8 11 16 26 28 29 – 30 32 35 39 40 65 71 82 141 187 292 342 343 406 408
Playfair, John	普莱费尔	375
Pliny	普林尼	56 58 – 61 70 75 139 141 142 155 345 407
Porta, Giovanni Battista della	波塔	156 – 157
Pouché, Félix Archimède	普谢	246 – 251
Prebus, Albert	普雷波斯	175
Priestley, Joseph	普利斯特列	315 318 – 320 322

Ptolemy	托勒密	48 82
Punnet, R. C.	庞尼特	438
Purkinje	普金叶	218 220 228
Pythagoras	毕达哥拉斯	15 – 16
Radl, E.	拉德尔	192 – 193
Raven, Charles	雷文	348
Ray, John	雷	346 – 348
Rayer, P. F. Q.	雷伊尔	258
Reaumur, R. A. F. de	雷奥米尔	191 312
Redi, Francesco	雷迪	144 162 243 – 244 296
Reinhardt, Benno	莱因哈特	230
Remak, Robert	雷马克	201 203 220 229 231
Rhazes	腊泽斯	83
Riolan, Jean	里奥兰	130
Roentgen, William Konrad	伦琴	174
Romans, George John	罗曼斯	420
Rousseau	卢梭	362 383
Roux, Wilhelm	鲁	206 – 207 208 209
Rudenberg, Reinhold	鲁登伯格	174 175
Rumford, Count(Benjamin Thompson)	朗福德伯爵	321
Ruska, Ernst	鲁斯卡	175
Rutherford, Daniel	卢瑟福	317
Sanctorius	桑克托留斯	132 – 134 289 290 308
Saunders, Edith R.	桑德斯	426
Sayres, Anne	塞尔斯	461
Scheele, Carl Wilhelm	舍勒	318
Schleiden, Matthias Jakob	施莱登	214 218 221 – 223 224 227 228 229 231 232
Schröder, Heinrich	施罗德	246
Schrödinger, Erwin	薛定谔	444 456 458
Schultze, Max	舒尔茨	229 233

Schulze, Franz	舒尔策	246
Schwann, Theodor	施旺	214 218 220 223 – 227 231 232 237 239 242 246 255 325 331
Scopes, John Thomas	斯科普斯	394 – 395
Scot, Michael	斯科特	75 – 76 79
Sedgwick, Adam	塞奇威克	371 375 376
Semmelweiss, Phillip Ignaz	萨米尔威斯	261
Seneca	塞涅卡	40 155 – 156 187
Servetus, Michael	塞尔维特	117 118 – 120 181
Simplicius	辛普列西斯	38
Smith, William	史密斯	375 – 376
Socrates	苏格拉底	8 24 28 – 29 138
Sonneborn, Tracy	索恩本	456 457
Spallanzani, Lazzaro	斯巴兰让尼	190 193 – 196 197 245 312 407
Spencer, Herbert	斯宾塞	386 391 393
Sprat, Thomas	斯普拉特	146
Stahl, Frank W.	斯塔尔,弗兰克	461
Stahl, Georg Ernst	斯塔尔,乔里	313 – 315 322
Stanley, Wendell M.	斯坦利	283 451
Stelluti, Francesco	斯特勒特	158
Steno, Nicolaus	斯坦诺	166 202 – 203 295 297 300 – 302 311
Stent, Gunther	斯坦特	460
Stephens, Joanna	斯蒂芬斯	317
Stern, Curt	斯特恩	441
Stevens, Edward	史蒂文斯	312 – 313
Strasburger, Eduard	斯特拉斯伯格	233 432
Strato	斯特拉图	37 – 40 48 49 51 53 54
Sturtevant, A. H.	斯特蒂文特	418 440 441
Sutton, W. S.	萨顿	437 – 438

Swammerdam, Jan	施旺麦丹	158 165 – 168 218 244 301
Sylvius. Franciscus	西尔维斯，费朔西斯卡斯	311 – 312 315
Sylvius. Jacobus	西尔维斯，雅各希斯	98 100
Tatum, Edward	塔特姆	453 462 463 – 464
Temin, Howard	梯明	466 – 467
Thales	泰勒斯	10 – 11 13 24 40 70
Theophrastus	德奥弗拉斯特	13 16 35 – 37 38 63 74
Thevenot, Melchisedec	特夫南特	148 166 167
Thomas, Lewis	托马斯	234
Thomson, J. J.	汤姆森	174
Topsell, Edward	托普塞尔	343 344 345
Toricelli, Evangelista	托里拆利	296
Treviranus, Gottfried	特雷维拉努斯	341
Tschermak, Erich von	丘谢玛克	420 422
Twort, Tredernck William	托特	282
Tyndall, John	廷德尔	251 – 253
Unger, F.	恩格	414
Urey, Harold	尤里	253
Usher, Archbishop	厄谢尔大主教	361
Valentin, G. G.	瓦伦丁	220
Van Helmont, Joan Baptista	赫尔蒙特	243
Vavilov, Nikolai Ivanovitch	瓦维洛夫	442
Vesalius, Andreas	维萨里	70 92 98 – 106 115 118 120 121 126 137 138 147 215 288 289 294 306
Virchow, Rudolf	威尔赫(微耳和)	218 220 229 – 232 270 273
Waldeyer, H. W. G.	沃尔德耶	233

Wallace, A. R.	华莱士	273 354 371 381 382 386 389 390 – 391
Ward, Lester	沃德	394
Watson, James D.	沃森	453 454 – 462 466
Watt James	瓦特	366
Wedgewood, Josiah	韦奇伍德	366 380
Weigert, Karl	韦格特	276
Weiss, Paul	韦斯	456
Weismann, August	魏斯曼	193 207 357 408 422 430 – 432 437 445
Weldon, W. F. R.	韦尔登	427 429
Werner, Abraham Gottlob	沃纳	374
Wheeler, William Morton	惠勒	405
White, Lynn	怀特	40
Wilberforce, Bishop	威尔伯福斯主教	392
Wilkins, Maurice	威尔金斯	459 460 461
Wilson, E. B.	威尔逊	206 209 210 232 425 437 448
Winthrop, John	温思罗普	150
Wöhler, Friedrich	维勒	227 242 323 324
Wolff, Caspar Friedrich	沃尔弗,卡斯珀	197 – 200 203
Wolff, Christian	沃尔弗,克里斯琴	197
Wren, Christopher	雷恩	146
Wright, Sewell	赖特	405
Xenophanes	色诺芬尼	13 14
Xenophon	色诺芬	28
Yule, udny	尤尔	429
Zeiss, Carl	蔡斯	172
Zeno	芝诺	24
Zernike, Fritz	策尼克	173
Zinder, Norton	津德	453
Zirkle, Conway	泽克尔	170 419